Deutscher Bundestag **Drucksache 16/7959**
16. Wahlperiode 30. 01. 2008

Bericht

des Ausschusses für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung (18. Ausschuss) gemäß § 56a der Geschäftsordnung

Technikfolgenabschätzung (TA)

TA-Zukunftsreport: Arbeiten in der Zukunft – Strukturen und Trends der Industriearbeit

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Ausschusses

In der globalisierten Wissensgesellschaft steht die deutsche Wirtschaft kontinuierlich unter dem Zwang, sich den Anforderungen des Marktes und des wissenschaftlich-technischen Wandels anzupassen. Die weitere Verwissenschaftlichung und Technisierung der Produktion führen ebenso wie das Entstehen integrierter Weltmärkte dazu, dass sich Stellenwert und Formen des Arbeitern deutlich verändern. Ziel des Zukunftsreports des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) ist es zu diskutieren, welchen Veränderungen die Arbeit in produzierenden Industrieunternehmen in diesem Zusammenhang unterliegen wird.

Dazu analysiert der Bericht zum Ersten wesentliche potenzielle Entwicklungspfade der Industriearbeit, die aus den veränderten Anforderungen der weiter zunehmenden Internationalisierung und „inneren Tertiarisierung“ der Industriebetriebe erwachsen. Zum Zweiten werden entsprechend veränderte Organisations- und Arbeitsformen der Unternehmen und ihre möglichen Auswirkungen auf die Industriearbeit untersucht. Zum Dritten werden drei exemplarische Technologiestränge, die als Schlüsseltechnologien der Zukunft gelten können, auf ihre potenziell arbeitsrelevanten Wirkungen hin diskutiert: die Biotechnologie, die Nanotechnologie sowie das Konzept der Ambient Intelligence (Ami).

Als eines der wichtigsten Ergebnisse arbeitet der Bericht ein durchaus Besorgnis erregendes doppeltes Problem heraus: Auf der einen Seite werden einfache und wenig know-how-intensive Tätigkeiten zukünftig noch deutlich weniger als bereits bisher nachgefragt werden. Auf der anderen Seite ist absehbar, dass der aufgrund veränderter Marktanforderungen (Globalisierung, Tertiarisierung) und bedingt durch neue betriebliche Organisationsformen steigende Bedarf an Hochschul- und Fachhochschulabsolventen insbesondere bei Ingenieur-, Natur- und Wirtschaftswissenschaften zunehmend schwieriger gedeckt werden kann.

Vor dem Hintergrund der skizzierten Entwicklungen ist die Bildungs-, Wirtschafts-, Mittelstands- und Arbeitsmarktpolitik gefordert, in geeigneter Weise gegenzusteuern. Der TAB-Zukunftsreport bietet für diese Aufgabe eine wertvolle Grundlage.

Berlin, den 20. Dezember 2007

Der Ausschuss für Bildung, Forschung und Technikfolgenabschätzung

Ulla Burchardt, MdB
Ausschussvorsitzende

Axel E. Fischer, MdB
Berichterstatter

Swen Schulz, MdB
Berichterstatter

Uwe Barth, MdB
Berichterstatter

Dr. Petra Sitte, MdB
Berichterstatterin

Hans-Josef Fell, MdB
Berichterstatter

Zusammenfassung

Thema des vorliegenden TAB-Zukunftsreports ist die „Zukunft der Industriearbeit" mit einem Zeithorizont von etwa fünf bis zehn Jahren in die Zukunft. Dabei liegt diesem Bericht ein erweitertes Verständnis von Industriearbeit zugrunde, das „alle direkt und indirekt wertschöpfenden Tätigkeiten in produzierenden Industriebetrieben, die zum Mehrwert des verkäuflichen Produkts beitragen", umfasst.

Ziel dieses Zukunftsreports ist es zu ermitteln und zu diskutieren, an welchen Stellen aktuell und zukünftig sich abzeichnende und von Akteuren erwartete, veränderte Rahmenbedingungen zu einem Wandel der Arbeit in produzierenden Industrieunternehmen führen könnten, der parlamentarische Handlungsüberlegungen oder Beobachtungsbedarfe angezeigt erscheinen lässt. Dazu werden zum Ersten wesentliche potenzielle Entwicklungspfade der Industriearbeit analysiert und beschrieben, die aus den veränderten Anforderungen der weiter zunehmenden Internationalisierung und „inneren Tertiarisierung" der Tätigkeiten der Industriebetriebe erwachsen. Zum Zweiten werden entsprechend veränderte Organisationsformen der Unternehmen in ihren möglichen Auswirkungen auf die Industriearbeit untersucht. Zum Dritten werden drei exemplarische Technologiestränge, die in verschiedenen Studien immer wieder als Schlüsseltechnologien der Zukunft identifiziert wurden, auf ihre potenziellen arbeitsrelevanten Wirkungen hin diskutiert: die Biotechnologie, die Nanotechnologie sowie das Konzept der Ambient Intelligence (AmI). Es wurden hier bewusst drei Schlüsseltechnologien ausgewählt, die auf dem Zeitstrahl der zukünftigen breiten Anwendung in der Industrie unterschiedlich weit fortgeschritten sind.

Mit der Auswahl der drei zukünftigen Schlüsseltechnologien ist auch verbunden, dass die Analysen zu den potenziellen Auswirkungen dieser Technologien auf die zukünftige Gestalt der Industriearbeit nicht auf bereits gesicherten empirischen Erkenntnissen beruhen können. In allen drei Feldern stützen sich die Einschätzungen der zurate gezogenen Studien und Analysen stark auf Experteneinschätzungen bis hin zur „fundierten Spekulation". Dies betrifft verstärkt die auf dem Zeitstrahl der industriellen Anwendung besonders weit in die Zukunft reichenden Nano- und AmI-Technologien. Dennoch ist es ein Anliegen dieses Berichts, teilweise erstmalig konsequent die arbeitsrelevanten Auswirkungen der Nutzung dieser Technologien zu diskutieren und damit einen vorausschauenden Blick auf die potenzielle Gestalt der Industriearbeit der Zukunft zu wagen – auch wenn gegebenenfalls einige Einschätzungen und Schlussfolgerungen aufgrund mangelnder empirischer Erkenntnisse und belastbarer Daten eher weich und vorsichtig formuliert werden müssen.

Insgesamt soll mit dieser Studie kein Versuch unternommen werden, alle für die weitere Entwicklung der Industriearbeit relevanten Aspekte umfänglich darzustellen und einzuordnen. Stattdessen wurden bewusst einige aus Sicht von Experten, Studien und Literatur wesentliche Entwicklungen ausgewählt, die aller Wahrscheinlichkeit nach das Handeln und die Wertschöpfung der Industriebetriebe in Zukunft verstärkt beeinflussen werden und daher für die weitere Gestaltung der Industriearbeit maßgebliche Rahmenbedingungen setzen. Der gewählte Ansatz geht dementsprechend eher in die Tiefe denn in die Breite. Im Einzelnen konnten folgende zentrale Erkenntnisse zur zukünftigen Gestaltung der Industriearbeit erarbeitet werden:

Internationalisierung

Die in Kapitel III.1 angestellten Analysen zur Internationalisierung der Produktion und ihre zukünftige Entwicklung haben gezeigt, dass nicht damit zu rechnen ist, dass sich dieser Prozess zu Ende neigt oder sich ein stabiles Gleichgewicht zwischen den weltweiten Standorten einstellt. Es lässt sich zwar auch zeigen, dass deutsche Industriebetriebe bei der Internationalisierung ihrer Geschäftstätigkeiten bereits relativ weit fortgeschritten sind. Die Direktinvestitionsbestände deutscher Unternehmen im Ausland sind im internationalen Vergleich recht hoch und bei aktuellen Produktionsverlagerungen ins Ausland liegt Deutschland im europäischen Vergleich im Mittelfeld und beileibe nicht an der Spitze, wie die oftmals hitzige öffentliche Diskussion zu diesem Thema vermuten lässt. Doch die Treiber einer fortschreitenden Internationalisierung sind weiterhin stark: Neue Märkte entwickeln sich, ehemalige Schwellenländer mit komparativ geringen Lohnkosten bauen industrielle Strukturen auf oder wichtige Schlüsselkunden gehen ins Ausland, sodass immer neue Anreize in neuen Regionen entstehen, international zu produzieren. Andererseits erfordern neue Produkte und Lösungen zumindest teilweise auch neue Produktionsprozesse und Herstellverfahren, die vorzugsweise an inländischen Standorten hochgefahren werden und in der Folge auch hier neue Optimierungspotenziale ermöglichen. Insgesamt deuten also alle Befunde darauf hin, dass die internationale Ansiedlung von Wertschöpfung auch weiterhin dynamisch den jeweiligen Erfordernissen angepasst werden wird, aber nicht immer nur ins Ausland weisen muss, wie die Ergebnisse zu Direktinvestitionen ausländischer Unternehmen in Deutschland und Rückverlagerungen deutscher Industriebetriebe zeigen.

Daraus erwächst eine Reihe von Konsequenzen für eine zukunftsorientierte Gestaltung der Industriearbeit. Absehbar ist, dass in Zukunft koordinierende Tätigkeiten sowie dienstleistende und beratende Tätigkeiten am deutschen Stammsitz für das jeweilige Auslandswerk oder den internationalen Werksverbund noch weiter an Bedeutung gewinnen werden. Selbst auf der Ebene der Produktionsmitarbeiter in den Industriebetrieben scheint das zu einer zunehmenden Erweiterung der Tätigkeiten um qualitätssichernde und kontrollierende Aufgaben zu führen. Besonders betroffen sind jedoch Spezialisten und Führungskräfte. Diese müssen versuchen, über verschiedene Ansätze wie temporäre Beratung vor Ort, Entsendungen, Patenkonzepte im deutschen Werk oder durch Koordination über die zentralen Bereiche am Stammsitz diese zunehmenden Anforderungen in den Griff zu bekommen. Adäquate Lösungsansätze hierzu sind bislang vor allem in großen multinationalen Unternehmen vorhanden. Doch

auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sind zukünftig verstärkt gefordert, ihre Wertschöpfungsprozesse zu internationalisieren und mit ihren flachen Strukturen und ohne entsprechende Stabsstellen die verstärkt geforderten Koordinations-, Dienstleistungs- und Beratungstätigkeiten für ihre ausländischen Werke effizient zu erbringen, sodass an den deutschen Standorten entsprechende höherwertige und kundenwertschaffende Tätigkeiten entstehen bzw. gehalten werden können. Hier könnte die Forschungspolitik gefragt sein, die Konzeption und Erprobung innovativer Konzepte zur Koordination und Steuerung internationaler Werksverbünde und transnationaler Netzwerke von KMU anzustoßen.

In engem Zusammenhang mit der zunehmenden Bedeutung koordinierender und beratender Tätigkeiten zwischen den Standorten steht die ebenfalls zunehmende Anforderung, einen funktionierenden Wissenstransfer und ein „Voneinanderlernen“ zwischen den verteilten Standorten zu organisieren. Hier gibt es auch in kleinen und mittleren Unternehmen bereits Ansätze und Pilotbeispiele, dies über einzelne sogenannte „Grenzgänger“ zwischen den Standorten oder entsprechende kleine Arbeitsgruppen zu bewerkstelligen. Von zukünftiger Relevanz ist in diesem Kontext insbesondere die Aufgabe, den Know-how-Erhalt im Unternehmen zu sichern und sich gegenüber dem vielfach drohenden Know-how-Verlust durch Produktpiraterie und Prozesskopien am ausländischen Standort zu wappnen. Hier könnte die Forschungspolitik gefragt sein, intelligente Konzepte insbesondere auch zum Schutz von Prozess- und Organisationswissen zu entwikkeln, die verhindern helfen, dass Herstellungsprozesse im Ausland von lokalen Wettbewerbern einfach kopiert werden können. In diesem Bereich ist das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) jüngst mit einer Initiative für „Innovationen gegen Produktpiraterie“ aktiv geworden. Hier gilt es zu beobachten, ob in diesem Kontext auch entsprechende innovative Organisationskonzepte ausgelotet werden, um neben dem Produkt-Know-how auch das Prozess-Know-how effektiv vor Kopierversuchen zu schützen. Dies könnte eine erfolgversprechende Strategie sein, nach dem Grundsatz „Produkte sind einfach zu kopieren, Prozesse nicht“ innovative und wertschöpfende Tätigkeiten auch weiterhin wettbewerbsfähig von deutschen Standorten aus erbringen zu können.

Da internationale Qualifikationen – und hier insbesondere interkulturelle Kompetenzen und Kommunikationsfähigkeit – im Zuge der weiter zunehmenden Internationalisierung der Geschäftstätigkeiten über alle Beschäftigungsgruppen hinweg an Bedeutung gewinnen werden, stellt sich die Frage, ob die existenten bildungspolitischen Konzepte hierfür bereits adäquate Lösungen anbieten. Hier könnte die Bildungspolitik gefragt sein, nicht nur Sprachkenntnisse, sondern auch weiterreichende interkulturelle Fähigkeiten in die verschiedensten Ausbildungsgänge zu integrieren. Diese Anforderung betrifft zukünftig zunehmend nicht nur Studenten und Abiturienten, sondern alle Bildungswege, die auf industrielle Facharbeit abzielen. Die bestehenden Curricula müssten vor diesem Hintergrund systematisch darauf hin abgeklopft werden, ob sie diesen Anforderungen an eine grundlegende internationale Qualifikation bereits gerecht werden oder nicht.

Schließlich geht mit der Internationalisierung der Geschäftstätigkeiten und den teilweise spürbaren Anforderungen einer „Rund-um-die-Uhr-Wirtschaft“ eine zunehmende Flexibilisierung wie auch Intensivierung der Industriearbeit einher, die insbesondere durch zunehmende Koordinations-, Kommunikations- und Abstimmungsbedarfe mit Standorten in anderen Ländern vorangetrieben wird. Diese Entwicklung gilt es auch zukünftig kritisch zu beobachten. Aktuell gibt es Indizien, dass sich nach der Euphorie um die E-Business-Arbeitssysteme und die in diesem Kontext als positiv dargestellten Tendenzen zur Arbeitsintensivierung und -ausweitung („Softwareentwickler arbeiten gerne bis spät in die Nacht, obwohl sie dazu nicht vom Chef gezwungen werden“) wieder eine kritischere Denkhaltung zu dieser Art der Selbstausbeutung durchzusetzen beginnt. Diese Art der Arbeitsbelastung kann zu merklichen Kreativitäts- und Produktivitätsverlusten bei Fach- und Führungskräften führen, die auch von Arbeitgeber- und Unternehmensseite nicht gewünscht sein können. Hier ist Beobachtungsbedarf angezeigt, Indikatoren für weitere Veränderungen der Arbeitsintensität und -länge nicht aus dem Blick zu verlieren.

Innere Tertiarisierung

Die Analysen zur Tertiarisierung der Industriearbeit (Kap. III.2) haben erkennen lassen, dass in den Unternehmen des Produzierenden Gewerbes, also im sekundären Sektor selbst, eine Tendenz zu mehr Dienstleistungsarbeit feststellbar ist und diese Entwicklung wohl auch in Zukunft weiter fortschreiten wird. Diese Zunahme der Dienstleistungstätigkeiten im sekundären Sektor wird mit dem Begriff der „inneren Tertiarisierung“ umschrieben. Dieser Befund überrascht zunächst, ist doch aus der Industrie bekannt, dass die nichtkernkompetenzrelevanten Dienstleistungen, wie zum Beispiel Kantinen, Fuhrparks, Sicherheitsdienste oder auch EDV- und Verwaltungstätigkeiten, zunehmend an spezialisierte Unternehmen des Dienstleistungssektors ausgegliedert werden (Outsourcing). Demnach scheint in der produzierenden Industrie gleichzeitig auch Dienstleistungsarbeit aufgebaut zu werden, wobei dieser Aufbau den outsourcingbedingten Abbau sogar überkompensiert. Wie die Analysen zeigen, umfasst der wachsende Bereich insbesondere Dienstleistungen mit direktem Bezug zum industriellen Produkt, die sogenannten produktbegleitenden Dienstleistungen. Diese produktbegleitenden Dienstleistungen bauen Industriebetriebe derzeit systematisch aus, um sich vom Sachguthersteller zum kompletten Problemlöser ihrer Kunden entwickeln und sich mit diesen hybriden Produkt-Dienstleistungs-Kombinationen besser vom Kostenwettbewerb differenzieren zu können.

Die für die nächsten Jahre in Zukunftsstudien und von Delphi-Experten als sehr wahrscheinlich angenommene weitere Gewichtszunahme produktbegleitender Dienstleistungen hat vielfältige Auswirkungen auf die zukünftige Industriearbeit. Angesichts der Bedeutungszunahme des Dienstleistungsanteils an der Wertschöpfung werden

produzierende Industrieunternehmen bestrebt sein, produktbegleitende Dienst- und Serviceleistungen so professionell und produktiv wie möglich zu erbringen. Dies könnte dazu führen, dass die Gründung eigenständiger Serviceabteilungen weiter voranschreitet und so die in vielen Betrieben existente Integration von produzierenden und dienstleistenden Tätigkeiten bei einzelnen Mitarbeitern wieder zurückgeführt wird. Zukünftig könnten demnach vermehrt spezialisierte Dienstleistungs- und Servicemitarbeiter in den Betrieben gefragt sein. Ob und wie stark diese vermutete Desintegration von Produktions- und Dienstleistungstätigkeiten bei der individuellen Fachkraft tatsächlich Platz greift und welche Implikationen damit für das Tätigkeitsspektrum der Betroffenen einhergehen, sollte in den nächsten Jahren systematisch beobachtet werden, um rechtzeitig adäquate Aus- und Weiterbildungsangebote entwickeln und anbieten zu können.

Die zusätzlich geforderten Qualifikationsanforderungen unterscheiden sich nach der Art der produktbegleitenden Dienstleistungen. Wissensintensive Pre-Sales-Dienstleistungen, wie zum Beispiel Engineering oder Beratungsleistungen zur Produktauslegung, erfordern Ingenieurqualifikationen und erhöhen damit den Bedarf an wissenschaftlich ausgebildetem Personal. Für After-Sales-Dienstleistungen, wie Wartung, Störungsdiagnose, Inbetriebnahme oder Reparatur, sind dagegen eher breite Qualifikationen gefordert, die neben einer Facharbeiterqualifikation als Mechaniker auch Kenntnisse in Elektrik und Elektronik, Informations- und Kommunikationstechnologien sowie betriebswirtschaftliche Grundkenntnisse erfordern. Durchleuchtet man daraufhin die Lehrpläne und Ausbildungsordnungen für die industriellen Berufsbilder, so stellt man fest, dass Dienstleistungen in diesen noch eine unbedeutende Rolle spielen. Die industriellen Berufsbilder sind zumeist eher technikzentriert definiert, weshalb ein einfaches Addieren inhaltlicher Schwerpunkte zu produkt- bzw. kundenbezogenen Dienstleistungen in die Berufs- und Ausbildungsordnungen nicht hinreichend erscheint. Experten schlagen hier beispielsweise vor, in drei Schritten vorzugehen: In der beruflichen Erstausbildung soll die Vermittlung von Dienstleistungskompetenzen verstärkt in Zusammenhang mit technischen Sachverhalten erfolgen. Gegen Ende der Ausbildung sollten dann zielgruppenrelevante Zusatzqualifikationen zu kundenbezogenen Dienstleistungen angeboten werden. Schließlich sollten geeignete Weiterbildungskonzepte entwickelt werden, die zum Ziel haben, dass die Dienstleistungskompetenzen von den Betroffenen selbst weiterentwickelt werden können. Derzeit scheinen solche Weiterbildungsmaßnahmen in der Praxis noch selten und eher improvisiert als methodisch systematisiert aufgegriffen zu werden. An den geschilderten Anforderungen sollten daher entsprechende Überlegungen der Bildungspolitik ansetzen wie auch entsprechende Aktivitäten, die weitere Verbreitung geeigneter Konzepte in der Industrie zu beobachten.

Mit einer fortschreitenden inneren Tertiarisierung der Industriearbeit wird auch ein erhöhter Bedarf nach veränderten Arbeitszeitmodellen einhergehen. Dies gilt insbesondere für sogenannte zeitkritische produktbegleitende Dienstleistungen, wie Hotline, Reparatur oder Wartung, die oftmals außerhalb der Normalarbeitszeit erbracht werden müssen. Hier kristallisieren sich zwei Gruppen von Arbeitnehmern heraus, die spezieller Arbeitszeitregelungen bedürfen. Dies sind zum einen die Mitarbeiter, die bei den Kunden vor Ort, und damit in extremer Abhängigkeit ihrer Arbeitszeitsouveränität vom Kundenproblem, Dienstleistungen – wie Schnell- oder Notreparaturen, Wartungen, Reklamationserfüllungen oder Schulungen des Personals, erbringen, oftmals vor allem in Abendstunden und an Wochenenden. Entsprechende Arbeitszeitregelungen müssen somit einen hohen Flexibilitäts- und Selbstbestimmungsgrad aufweisen und entziehen sich den direkten Zeitkontrollmöglichkeiten durch den Arbeitgeber („Vertrauensarbeitszeit“). Damit gehen aber auch verstärkte Gefahren der Selbstausbeutung und der dauerhaften Vermischung von Arbeits- und Freizeit einher, die die Planbarkeit der Freizeit und damit beispielsweise die Vereinbarkeit von Beruf und Familie negativ tangieren können. Von der anderen Gruppe der Arbeitnehmer wird zunehmend eine ständige Ansprechbarkeit und Einsatzbereitschaft gefordert, zum Beispiel bei Angeboten einer Hotline oder eines Rund-um-die-Uhr-Services. Hier wird die Arbeitszeitsouveränität der Arbeitnehmer eher wieder zurückgefahren, und Modelle einer kapazitätsorientierten variablen Arbeitszeit (KAPOVAZ), bei denen in einem Einzelarbeitsvertrag vereinbart wird, dass sich der Arbeitnehmer bei seiner Arbeitszeit nach den betrieblichen Erfordernissen zu richten hat, könnten wieder weiter voranschreiten. Beide Entwicklungen gilt es zukünftig systematisch zu beobachten und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Gesundheit und die nachhaltige Arbeitsfähigkeit der betroffenen Arbeitnehmer im Auge zu behalten.

Marktorientierung

Die Analysen zur Markt- und Kundenorientierung der Industriearbeit (Kap. IV.1) zeigen, dass marktorientierte Formen der Dezentralisierung auf Unternehmensebene, wie zum Beispiel die Aufgliederung von Zentralabteilungen oder die Aufgliederung der Produktion in kunden- oder produktbezogene Fertigungssegmente, zwar bereits von etwa der Hälfte der Industriebetriebe genutzt werden, im europäischen Vergleich hier aber immer noch Potenzial zu einer breiteren und intensiveren Nutzung besteht. Insgesamt ist ein Muster erkennbar, wonach deutsche Betriebe bei der Nutzung avancierter Produktions- und Informationstechniken, wie zum Beispiel Industrieroboter, Teleservice oder Produktionsplanung- und Steuerungssysteme, im europäischen Vergleich mit führend sind, bei der Nutzung innovativer organisatorischer Gestaltungskonzepte aber eher auf den hinteren Plätzen zu finden sind.

Es zeigt sich zudem, dass die auf der Unternehmensebene angesiedelten Dezentralisierungskonzepte nicht immer konsequent mit entsprechenden dezentralen Ansätzen der Arbeitsorganisation, wie integrierte Tätigkeitszuschnitte in Einzel- oder Gruppenarbeit, untersetzt werden. Vor diesem Hintergrund ist es verständlich, dass sich kein

belastbarer Zusammenhang zwischen der Nutzung marktorientierter Dezentralisierungskonzepte auf der Unternehmensebene und einer zunehmenden Tätigkeitsanreicherung von Produktionsmitarbeitern nachweisen lässt. Tätigkeitsanreicherung von Industriearbeit und marktorientierte Unternehmensorganisation scheinen bislang noch getrennt zu verlaufen.

Zukunftsstudien des Fraunhofer ISI deuten aber darauf hin, dass eine zunehmend wissensbasierte Produktion und institutionalisierte Möglichkeiten für die Beschäftigten, während der Arbeitszeit neue Kompetenzen erwerben und einüben zu können, als eine der wichtigsten Bedingungen für eine zukünftig wettbewerbsfähige Produktion eingeschätzt werden. Es wird erwartet, dass diese Form des Kompetenzerwerbs mit vom Arbeitgeber zur Verfügung gestellten Ressourcen bereits um das Jahr 2013 weit verbreitet sein wird. Die Zukunftsstudien signalisieren auch, dass die Flexibilisierung des Arbeitseinsatzes zukünftig noch stärker von den Bedürfnissen der Unternehmen und deren Marktumfeld determiniert werden wird. So wird auch eine „interne Form des Arbeitskraftunternehmers“, der in verschiedenen Bereichen und Netzwerken innerhalb einer Organisation flexibel seine Fähigkeiten einsetzt, als durchaus bedeutend für die Wettbewerbsfähigkeit der produzierenden Industrie eingeschätzt und von der überwiegenden Mehrheit der im Rahmen einer Delphi-Studie befragten Experten bis zum Jahr 2014 erwartet. Andererseits wird es nur als bedingt realistisch eingeschätzt, dass die Unternehmen maßgeschneiderte Arbeitsbedingungen bieten, die eine ausgewogene Aufrechterhaltung oder Herstellung einer „Work-Life-Balance“ ermöglichen. Hier ist Raum und Bedarf für Arbeits- und Wirtschaftspolitik, zusammen mit den Interessensvertretungen und Tarifparteien neue Ansätze für einen nachhaltigen Arbeitseinsatz zu entwerfen, die sowohl den Flexibilitätsanforderungen der Betriebe wie auch den notwendigen Flexibilitätsspielräumen für den privaten Bereich ausgewogen Rechnung tragen.

Gruppenarbeit

Wie die Analysen zu neuen Formen der Arbeitsorganisation am Beispiel der Gruppenarbeit (Kap. IV.2) gezeigt haben, haben bislang etwa zwei Drittel der Betriebe des deutschen Verarbeitenden Gewerbes Gruppenarbeit „dem Label nach“ eingeführt. Im europäischen Vergleich liegt die deutsche Industrie damit auf den hinteren Plätzen. Noch ernüchternder wird das Bild, wenn man vertiefend untersucht, wie viele Betriebe Gruppenarbeit nicht nur in irgendeiner Form, sondern als selbststeuernde Gruppenarbeit mit homogenem Qualifikationsprofil eingeführt haben. Solche avancierten Formen der Gruppenarbeit werden derzeit nur von etwa einem Fünftel der deutschen Industriebetriebe genutzt, wobei lediglich 3 Prozent diese Form der Gruppenarbeit flächendeckend in ihren Betrieben implementiert haben.

Vor diesem Hintergrund verwundert es nicht, dass die Nutzung der Gruppenarbeit nur eine sehr begrenzte Reichweite für die Anreicherung der Tätigkeitsinhalte der Produktionsmitarbeiter zu haben scheint. Lediglich für die Übertragung von Qualitätssicherungsaufgaben auf die einzelnen Produktionsmitarbeiter scheint die Gruppenarbeit einen begrenzten Impuls zu geben, während ansonsten die Arbeitsteilung auch in Gruppenarbeitsumgebungen zumeist weiter Bestand hat. Werden erweiterte Verantwortlichkeiten in die Gruppen hineingegeben, so scheinen in diesen noch immer einzelne Spezialisten für diese Tätigkeiten zuständig zu sein und die Trennung zwischen planenden und ausführenden Funktionen auf der Ebene der einzelnen Personen weiter aufgehoben zu bleiben. Der Beitrag der Gruppenarbeit zur Anreicherung der Tätigkeitsinhalte beim einzelnen Arbeitnehmer ist daher sehr begrenzt.

Auch der Einfluss der Einführung und Nutzung von Gruppenarbeit auf das Qualifikationsprofil der Beschäftigten ist begrenzt. Die Hoffnungen, dass mit der Einführung einer gruppenbasierten Arbeitsorganisation eine merkliche Requalifizierung der Beschäftigten in den Produktionsbereichen der Industriebetriebe einhergeht, kann damit kaum erfüllt werden. Dies liegt zum Teil vielleicht auch daran, dass die in den Industriebetrieben bislang existenten Qualifikationsprofile eher einen Qualifikationsüberhang darstellten, der sich mit den neuen Arbeitsstrukturen nun gegebenenfalls besser ausschöpfen lässt.

Der Blick in die Zukunft anhand von Delphi-Auswertungen zeigt, dass selbstverantwortliche Gruppen von der überwiegenden Mehrheit der befragten Produktionsexperten als wichtig oder sehr wichtig für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie eingeschätzt werden. Es wird daher davon ausgegangen, dass selbstverantwortliche Gruppen bis zum Jahr 2012 auf Werkstattebene weitverbreitetet sein werden. Für die Anreicherung von Tätigkeitsinhalten und die Qualifizierung der Belegschaften zeichnen sich dennoch keine radikalen Trendbrüche ab, die durch die bewährten Neuordnungen der Ausbildungsgänge nicht aufgefangen und umgesetzt werden könnten. Neue Dynamik könnte die Praxis der inhaltlichen und fachlichen Ausgestaltung der Gruppenarbeit dann erhalten, wenn diese im Zuge der Einführung sogenannter „ganzheitlicher Produktionssysteme“ als wichtiges Einzelelement erkannt und weiter vorangetrieben wird. Sollten Standardisierungs- und Konsistenzbemühungen zu anderen organisatorischen Elementen ganzheitlicher Produktionssysteme Anforderungen ergeben, auch avanciertere Gruppenarbeitsformen mit erweiterten Tätigkeits- und Qualifikationsprofilen für alle in der Gruppe Beteiligten weiter voranzutreiben, dann könnte hier eine Entwicklung mit neuer Qualität Platz greifen. Vor dem Hintergrund der daraus resultierenden Anforderungen an die Kompetenzen und Qualifikationen der Industriearbeit sollte die Bildungs-, Wirtschafts- und Forschungspolitik genau beobachten, in welche Richtung sich die Konzepte ganzheitlicher Produktionssysteme nicht nur in großen Unternehmen, sondern auch für die Vielzahl der kleinen und mittleren Unternehmen in Zukunft weiterentwickeln.

Biotechnologie

Biotechnologie (Kap. V.1) gilt in allen industrialisierten Ländern als eine wichtige Zukunftstechnologie und wird häufig auch als eine der „Schlüsseltechnologien des

21. Jahrhunderts“ bezeichnet. Wegen des wachsenden Reifegrades und des erwarteten Effekts auf die künftige Wettbewerbsfähigkeit der von Biotechnologie beeinflussten Wirtschaftssektoren ist Biotechnologie ein zentrales Feld der Innovationspolitik. Als Querschnittstechnologie wird ihr ein großes Potenzial in einer Vielzahl von industriellen Anwendungen, Branchen und Tätigkeiten zugemessen. Dabei stellt die Biotechnologie unter den drei in diesem Bericht betrachteten Technologien diejenige dar, die hinsichtlich der Kommerzialisierung am Weitesten fortgeschritten ist. An ihr werden die Implikationen für die Industriearbeit daher auch am ehesten deutlich.

Bemerkenswert ist jedoch, dass zwischen dem der Biotechnologie zugemessenen Potenzial für industrielle Anwendungen einerseits und der bestehenden Wissensbasis über ihre Wirkungen auf Industriearbeit andererseits eine – unerwartet große – Lücke klafft: Für diesen Bericht wurde nur wenig empirisches Material gefunden, das fundierte Einschätzungen über mögliche Wirkungen auf Industriearbeit ermöglicht. Arbeitswissenschaft und -soziologie haben sich offenbar der Biotechnologie – wie auch der Nanotechnologie (Kap. V.2) – bislang nur punktuell zugewandt. Als mögliche Ursachen kommen das vergleichsweise frühe Entwicklungsstadium der Biotechnologie in Betracht sowie methodische Gründe, die die Befassung mit dieser Thematik erschweren, da in der Biotechnologie tätige Unternehmen (noch) keine „Branche“ bilden, die eindeutig definiert und abgrenzbar und in den etablierten Statistiken abgebildet ist.

Die Analysen zeigten auch, dass die häufig beschworenen „revolutionären“ Veränderungen durch die Biotechnologie nicht in dem Maße feststellbar sind, wenn man ein Zeitfenster von mehreren Jahren in den Blick nimmt. Vielmehr überwiegen inkrementelle Änderungen. Tiefgreifendere Veränderungen im Sinne eines „Umbruchs“ vollziehen sich eher in einem Wandlungsprozess über Jahrzehnte. Sie sind damit erst in einer weitreichenden Rückschau feststellbar bzw. erfordern eine Vorschau über mehrere Jahrzehnte, die dann aber naturgemäß mit erheblicher Unsicherheit behaftet ist. Dennoch sind mit der „biobased economy“ oder der Verlagerung der Wertschöpfung auf frühere Stufen der Wertkette, zum Beispiel in der Pflanzenzüchtung, Bereiche erkennbar, die ein Potenzial zur Substitution etablierter Industrien und zu einem damit verbundenen Strukturwandel aufweisen. Hier besteht grundsätzlicher Bedarf, prospektive Abschätzungen von Größenordnungen, Richtungen, Zeithorizonten oder besonders betroffenen Regionen als Basis für die Identifizierung von Handlungsbedarf und Handlungsoptionen durchzuführen.

Aus Sicht der industriellen Anwendung der Biotechnologie besteht darüber hinaus Bedarf, die – überwiegend auf eine Tätigkeit von akademisch ausgebildeten Personen in Forschung und Entwicklung und von fachschulisch ausgebildeten Kräften in traditionellen Tätigkeitsfeldern ausgerichteten – fachlichen Qualifikationen besser auf den Bedarf in den Unternehmen abzustimmen: Hier werden in stärkerem Maße branchen-, produktions-, markt- und anwendungsorientierte Fachkenntnisse und berufspraktische Erfahrungen gepaart mit Fremdsprachenkenntnissen und „Soft Skills“ in der interdisziplinären und internationalen Teamarbeit benötigt, als dies derzeit im Fachkräftepool vorhanden ist. Es besteht daher die Herausforderung, ein flächendeckendes Aus- und Weiterbildungsangebot zu entwickeln, das alle formalen Qualifikationsstufen abdeckt.

Inwieweit durch die Biotechnologie und insbesondere durch die Gentechnik neue gesundheitliche Gefährdungen am Arbeitsplatz entstehen könnten und wie sie wirksam zu begrenzen seien, wurde bereits Mitte der 1970er Jahre thematisiert und diskutiert. In den folgenden Jahrzehnten wurden entsprechende Sicherheitsmaßnahmen entwickelt, gesetzlich verbindlich vorgeschrieben und in der Praxis implementiert, sodass in der Biotechnologie ein Stand erreicht ist, der in der Nanotechnologie aktuell angestrebt wird. Allerdings zeichnen sich nunmehr in der Biotechnologie mit der Synthetischen Biologie, gegebenenfalls auch mit der Nanobiotechnologie, neue Felder ab, die ein erhöhtes Gefährdungspotenzial für die menschliche Gesundheit bergen könnten. Der Wissensstand ist aber noch nicht ausreichend, um mögliche Gefährdungen abschätzen zu können. Hier besteht also aktueller Forschungsbedarf, um die Wissensbasis für eine Risikobewertung zu legen, auf deren Grundlage dann Präventions- und Schutzmaßnahmen entwickelt werden könnten.

Von ganz anderer Qualität der Wirkungen auf die Gesundheit von Erwerbstätigen sind mögliche Anwendungen der Biotechnologie bei der Ermittlung von Krankheitsdispositionen mittels Gentests sowie bei der Erweiterung der Möglichkeiten der „Verbesserung“ menschlicher Fähigkeiten (Enhancement). Während die Gentestproblematik bereits intensiv untersucht und debattiert wurde, besteht doch Konsens, dass hier Regelungsbedarf zu den Rahmenbedingungen besteht, unter denen Gentests im Zusammenhang mit Erwerbstätigkeiten zulässig sein sollen. Die Möglichkeiten des Enhancements durch Biotechnologie in der Arbeitswelt sind, da sie sich überwiegend noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium befinden, bislang noch nicht diskutiert worden. Hier könnte ein Monitoring der Entwicklung angezeigt sein.

Schließlich sei noch auf den Aspekt der Entsinnlichung bzw. Entfremdung und daraus resultierende mögliche Folgen hingewiesen, der mit Tätigkeiten in der Biotechnologie verbunden sein kann: Die Biotechnologie nutzt die Fähigkeiten von Lebewesen bzw. ihre Bestandteile für technische Zwecke aus. Dabei werden die Lebewesen bzw. ihre Bestandteile zu Objekten, die von den dort Tätigen gegebenenfalls nicht mehr als Lebewesen wahrgenommen werden, sondern primär als Hilfsmittel und Material zur Erfüllung technischer Zwecke. Dies kann dadurch verstärkt werden, wenn diese Objekte mit den menschlichen Sinnen nicht mehr wahrgenommen, sondern nur noch mittelbar durch Messwerte oder technische Geräte erfasst werden können. Dabei können Eingriffe in diese Lebewesen oder ihre Verwendungszwecke, die aus Sicht von in der Biotechnologie Tätigen rational und „normal“ erscheinen, für Außenstehende als nur schwer

akzeptabel, als zu weitgehend oder unmoralisch eingestuft werden. Exemplarisch sei die gentechnische Veränderung von Tieren oder die Nutzung menschlicher Embryonen für die Gewinnung embryonaler Stammzellen genannt. Um tiefgreifenden Kontroversen vorzubeugen, besteht hier die Notwendigkeit, die ethischen, gesellschaftlichen und rechtlichen Aspekte umfassend zu erforschen und auf dieser Basis gesellschaftliche Debatten über die Wünschbarkeit und Zielsetzungen biotechnischer Eingriffe in die Integrität von Lebewesen zu führen. Darüber hinaus wäre die Integration dieser Themen in die akademische Ausbildung anzudenken.

Nanotechnologie

Die Nanotechnologie (Kap. V.2) befindet sich noch in der Übergangsphase von der Grundlagenforschung zur Anwendung. Es gibt auch keine „Nanoindustrie“ im eigentlichen Sinne, sondern zwei Typen von Unternehmen, nämlich junge Technologieunternehmen, die sich ausschließlich mit Nanotechnologie befassen, und größere Unternehmen, die die Nanotechnologie in den letzten Jahren in ihr Technologieportfolio aufgenommen haben.

Entsprechend wenig Aufmerksamkeit hat die Nanotechnologie bisher in der genuinen Arbeitsforschung erhalten. Angesichts der Schlüsselfunktion der Nanotechnologie erscheint es angeraten, künftig verstärkt der Frage nach den Auswirkungen der Nanotechnologie auf die menschliche Arbeit nachzugehen. Aus heutiger Sicht sind vor allem Herausforderungen für die Bildungs- und Forschungspolitik sowie für den Arbeitsschutz erkennbar.

Beim Vergleich mit den Auswirkungen der Biotechnologie auf die Industriearbeit (Kap. V.1) sind zum Teil große Ähnlichkeiten zwischen den beiden Technologien zu konstatieren. Damit könnten die Erfahrungen in der Biotechnologie – bei aller Vorsicht, die man bei Analogieschlüssen walten lassen muss – zumindest teilweise als Orientierung für künftiges Handeln in der Nanotechnologie dienen: In der Biotechnologie Bewährtes könnte in angepasster Weise übernommen werden; Schwächen und Defiziten, die in der Biotechnologie erkannt wurden, könnte in der Nanotechnologie frühzeitig Aufmerksamkeit geschenkt werden, um die Möglichkeit eines rechtzeitigen, vorbeugenden oder adäquateren Handelns zu nutzen.

Grundlagenforschung, angewandte Forschung und Entwicklung im Bereich der Nanotechnologie werden zunehmend interdisziplinär sein müssen, mit entsprechenden Folgen für Ausbildung und Nachwuchsförderung. Als Voraussetzung für einen Innovations- und Produktivitätsschub durch Nanotechnologie müssten neue Organisationsstrukturen und Ausbildungsgänge entstehen, die weniger starr an den disziplinären Grenzen orientiert sind, sondern den multi- oder interdisziplinären Charakter der Nanotechnologie berücksichtigen. So wie bei anderen dynamischen und wissensintensiven Technologien ist es notwendig, bereits in der Ausbildung einen anwendungsorientierten Schwerpunkt zu setzen, der sich nicht nur an den Bedürfnissen der Großunternehmen, sondern auch an denen der KMU in Deutschland orientiert.

Aus der Perspektive der industriellen Anwendung der Nanotechnologie zeichnet sich ab, dass die meisten Unternehmen nicht primär ausgewiesene „Nanowissenschaftler oder -ingenieure“ benötigen, sondern verstärkt breiter qualifizierte Naturwissenschaftler, Diplomingenieure und Informatiker mit Ankopplungskompetenz und gewissem Grundlagenwissen in der Nanotechnologie. Dabei herrscht mittlerweile Einigkeit, dass zunächst ein Grundstudium in einer der klassischen Disziplinen (wie z. B. Physik, Chemie oder Ingenieurwissenschaften) abzuschließen ist, bevor sich Studierende auf den Schwerpunkt Nanotechnologie konzentrieren. Das hierzu heute bereits existierende Angebot der Universitäten und Fachhochschulen ist zwar sehr breit, es fehlt allerdings die Vergleichbarkeit der vermittelten Inhalte bzw. der Abschlüsse, insbesondere auf europäischer Ebene. Hier gibt es noch erheblichen Gestaltungsspielraum und Koordinierungsbedarf.

Übereinstimmung besteht bei den Experten darin, dass im Rahmen der Ausbildung frühzeitig mit Wirtschaftsunternehmen zusammengearbeitet werden müsse. Für die heute ausgebildeten Akademiker ist noch die wissenschaftliche Laufbahn (in Universitäten und Forschungseinrichtungen oder in den Labors der Großunternehmen) der Standardkarrierepfad. Vor allem in reinen Anwendungsbranchen gibt es jedoch Anzeichen, dass die akademische Ausbildung im Bereich der Nanotechnologie an den konkreten Bedürfnissen, insbesondere von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) vorbeigeht. Hier gilt es sicherzustellen, dass ein effizienter und frühzeitiger Transfer von wissenschaftlichen Ergebnissen mit Produkt- bzw. Marktrelevanz sowie insbesondere auch der Austausch von Personal zwischen Wissenschaft und Industrie sichergestellt werden. Die im 6. EU-Forschungsrahmenprogramm und vom BMBF bereits initiierten Kooperationsprojekte wie auch die zukünftig angedachten Vorhaben (7. RP sowie Hightech-Strategie der Bundesregierung) zeigen, dass diese Problematik erkannt und entsprechend angegangen wird. Eine Bewertung dieser Aktivitäten zu gegebener Zeit muss dann zeigen, ob die Ziele des marktfähigen Erkenntnisgewinns sowie des interinstitutionellen Personaltransfers „über Köpfe“ mit den bisherigen Instrumenten erreicht worden sind bzw. ob gegebenenfalls eine feine Rejustierung oder grundlegendere Neuausrichtungen notwendig sind.

Besonders deutlicher und rasch anzugehender Nachholbedarf besteht derzeit noch bei den mittleren Qualifikationen, also insbesondere den Facharbeitern und Technikern in den Industriebetrieben. Hier erscheint es nicht ausreichend, den Bedarf an Wissen und Fertigkeiten im Bereich der Nanotechnologie allein durch – ebenfalls noch neu zu schaffende – betriebliche Ausbildungsgänge zu decken. Vielmehr sollte angeregt werden, dass Verbände und Kammern Möglichkeiten zur beruflichen Weiterbildung von Facharbeitern im Bereich der Nanotechnologie eröffnen.

Im Hinblick auf den Arbeitsschutz wird in nahezu allen Studien betont, dass es besonders wichtig sei, die Schädlichkeit von Nanomaterialien sowie die mögliche Exposi-

tion von Personen am Arbeitsplatz zu untersuchen und geeignete Maßnahmen in die Wege zu leiten. Dabei besteht europaweit noch ein erheblicher Mangel an Wissen über entscheidende Faktoren, der durch die Untersuchung folgender Fragestellungen behoben werden sollte:

– Wie toxisch sind Nanopartikel unterschiedlicher – auch gutbekannter – Stoffe? Gibt es Interaktionen von Nanopartikeln mit Zellstrukturen?

– Welche Nanopartikel in welcher Größe können die Gesundheit schädigen und wie sehen Dosis-Wirkungs-Beziehungen aus?

– Welche Partikel verhalten sich ähnlich, und ist es möglich, eine Einteilung der Nanopartikel in Risikoklassen vorzunehmen?

– Welches sind die tatsächlich von einer Exposition mit Nanomaterialien betroffenen Arbeitsplätze und Arbeitskräfte, und wie sind Art, Höhe und Dauer der dort stattfindenden Exposition ausgeprägt?

– Wie lassen sich umfassende, international standardisierte Meßmethoden, insbesondere für die reaktive Oberfläche von Partikeln in der Luft und am Arbeitsplatz, entwickeln?

Diesen Fragestellungen haben sich die zuständigen deutschen Behörden (Umweltbundesamt, Bundesinstitut für Risikobewertung, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) seit Kurzem angenommen. Ihre Arbeiten sollten untereinander und mit den entsprechenden Institutionen innerhalb der EU abgestimmt und koordiniert werden. Die Ergebnisse mit Relevanz für die Industriearbeit müssten dann umgehend hinsichtlich ihrer Implikationen für die Anpassung von Arbeitsschutzbestimmungen eingeordnet werden und gegebenenfalls entsprechende Maßnahmen zur Verbesserung des betrieblichen Arbeitsschutzes in den zuständigen Gremien diskutiert und verabschiedet werden.

Ambient Intelligence (AmI)

Die Vision der „Ambient Intelligence“ (AmI) im Wertschöpfungsprozess (Kap. V.3) ist im Vergleich zu den technischen Schlüsselfeldern Bio- und Nanotechnologie noch am weitesten von konkreten Anwendungen in der deutschen Industrie entfernt. Ein Großteil der AmI-Technologien, die in den gängigen Zukunftsszenarien dargestellt werden, befindet sich gegenwärtig noch in der Phase der Grundlagenforschung. Entsprechend vage müssen Aussagen über künftige Auswirkungen dieser Technologielinie bleiben. Trotz dieser grundsätzlichen Einschränkung zeichnen sich mit Blick auf AmI-Anwendungen in der industriellen Fertigung bereits aus heutiger Warte einige Entwicklungslinien mit Relevanz für die Ausgestaltung der Industriearbeit ab:

AmI-Anwendungen fügen sich in der industriellen Fertigung in die seit Jahren bzw. Jahrzehnten auf Unternehmensebene zu beobachtenden Trends der Rationalisierung und Flexibilisierung ein, beschleunigen diese und verstärken zum Teil deren Auswirkungen auf innerbetriebliche Prozesse. Bereits heute ist deutlich zu erkennen, dass die Einführung von RFID-Systemen, die als Wegbereiter von AmI gelten, vor allem mit dem Ziel verbunden ist, sowohl die Kosteneffizienz als auch die Variabilität von Produktionsprozessen zu steigern. Insofern wird mit AmI keine radikale Umstellung industrieller Fertigung verbunden sein, vielmehr ist dieser jüngste informationstechnische Innovationsschub in langanhaltende Trends eingebettet.

Die zu erwartenden Auswirkungen von AmI-Anwendungen auf Tätigkeitsprofile und Qualifikationsanforderungen werden wahrscheinlich von gegenläufigen Entwicklungen geprägt sein. Einerseits ist zu vermuten, dass bestimmte Tätigkeiten in der industriellen Fertigung eine qualitative Anreicherung und Erweiterung erfahren werden, die mit der verbesserten (informationstechnischen) Integration unterschiedlicher Wertschöpfungsstufen in Verbindung stehen. Aufgrund der wachsenden Komplexität von Fertigungsprozessen, die sich aus den Anforderungen an eine flexible und „individualisierte“ Produktion ergibt, werden die betroffenen Mitarbeiter gefordert sein, vermehrt eigenverantwortlich zu planen und Entscheidungen zu treffen. Neben einem verstärkten Bedarf an Überblickswissen über das Zusammenwirken des gesamten Produktionsprozesses werden somit auch soziale Kompetenzen einen erhöhten Stellenwert einnehmen, da im Zuge der fortschreitenden Verzahnung einstmals getrennter Funktionsbereiche Interaktionen mit unterschiedlichen Personengruppen an Bedeutung gewinnen werden. Andererseits zeichnet sich ab, dass AmI-Anwendungen erweiterte Möglichkeiten zur Automatisierung von einfachen Kontroll-, Überwachungs- und anderen manuellen Tätigkeiten bieten. Obwohl derzeit keine belastbaren Prognosen über quantitative Beschäftigungseffekte möglich sind, ist dennoch davon auszugehen, dass im Zuge der Einführung von AmI-Technologie in der industriellen Produktion insbesondere einfache Tätigkeiten mit niedrigen Qualifikationsanforderungen substituiert werden.

Für die Mehrzahl der verbleibenden Beschäftigten in der industriellen Fertigung ist zu vermuten, dass sich die Trends zur Arbeitsverdichtung, zur Vergrößerung der Arbeitszeitkorridore und des Verlustes an Zeitsouveränität im Zuge der Einführung von AmI weiter fortsetzen.

Angesichts der geringen Anwendungsreife von AmI käme die Formulierung von detaillierten Handlungsempfehlungen, etwa mit Blick auf bildungspolitische Maßnahmen, zu diesem Zeitpunkt verfrüht. Allerdings ist vor dem Hintergrund der in vielerlei Hinsicht erst schemenhaft erkennbaren Entwicklung von AmI die intensive Beobachtung dieses Technologiefeldes angezeigt. So hat sich die Arbeitswissenschaft bislang noch nicht mit den Auswirkungen von AmI auf die Industriearbeit befasst. In diesem Zusammenhang gilt es ferner, die sich aufgrund der intensivierten ökonomischer Dynamik konturierenden Tendenzen zu problematischen Auswirkungen auf Arbeit und Gesellschaft im Blick zu behalten. Die Debatten über Rationalisierung, Automatisierung und die Zukunft der Arbeit, die von der Einführung der Mikroelektronik und Informationsverarbeitung, zum Beispiel unter dem Schlagwort des Computer Integrated Manufacturing

(CIM), in der Industrie vor Jahren angestoßen worden waren, gilt es somit auch und gerade für das AmI-Zeitalter fortzusetzen und mit neuen Schwerpunkten wieder aufzugreifen.

Übergreifende Implikationen für die Industriearbeit

Bei der Analyse der Implikationen für die Industriearbeit quer zu den untersuchten Veränderungstreibern springt insbesondere ins Auge, dass alle Entwicklungen hinsichtlich des zukünftig absehbaren formalen Qualifikationsbedarfs deutscher Industrieunternehmen auf ein durchaus besorgniserregendes „doppeltes Dilemma“ hinweisen. Auf der einen Seite werden einfache und wenig know-how-intensive Tätigkeiten, die von geringqualifizierten Beschäftigten ausgeführt werden können, zukünftig noch deutlich weniger als bereits bislang von der produzierenden Industrie nachgefragt werden. Auf der anderen Seite ist absehbar, dass der steigende Bedarf an Hochschul- und Fachhochschulabsolventen zunehmend schwieriger gedeckt werden kann. Ersteres ist auf die folgenden Entwicklungen zurückzuführen:

– Infolge der zunehmenden Internationalisierung der Wertschöpfung der Industrieunternehmen werden einfache Tätigkeiten für Geringqualifizierte zukünftig noch stärker als bislang entweder vergleichsweise hochautomatisiert und damit weniger personalintensiv weiterhin in Deutschland durchgeführt oder – insbesondere wenn es sich um reife Produkte oder Prozesse handelt – in Länder mit geringeren Lohnkostentangenten verlagert.

– Im Zusammenhang mit der inneren Tertiarisierung deuten alle Befunde darauf hin, dass produktbegleitende Dienstleistungen der Industrie, im Gegensatz zu vielen anderen Dienstleistungen, auf höher qualifiziertes Personal angewiesen sind. Mit steigender Orientierung der Unternehmen hin zu produktbegleitenden Dienstleistungen steigt die Quote der Mitarbeiter mit Hochschul-, Fachhochschul- und Technikerabschluss, während an- und ungelernte Mitarbeiter weniger benötigt werden.

– Die marktorientierte Organisationsgestaltung der Unternehmen geht zwar bislang (noch) nicht mit einer Reduktion des Anteils An- und Ungelernter in diesen Betrieben einher. Spezifische Auswertungen der Delphi-Befragung „Manufacturing Visions“ zeigen jedoch, dass eine breite Nutzung wissensintensiver Produktionssysteme mit einem Anteil von weniger als 10 Prozent unausgebildeter bzw. geringqualifizierter Arbeiter an den Beschäftigten zukünftig als durchaus realistisch eingeschätzt wird.

– Der Einfluss der Gruppenarbeit auf das Qualifikationsprofil der Beschäftigten ist messbar, aber begrenzt. Dennoch hat die Nutzung von Gruppenarbeit eine signifikant negative Wirkung auf den Anteil An- und Ungelernter an den Beschäftigten, in seiner Reichweite ist dieser Effekt jedoch eher schwach.

– Biotechnologie und Nanotechnologie in der Industriearbeit erfordern wegen der Wissensintensität und der großen Bedeutung von Forschung und Entwicklung hochqualifiziertes Personal, insbesondere entsprechend ausgebildetes akademisches Personal sowie technische Assistenz mit fachschulischer oder dualer Ausbildung. Daher ist nicht davon auszugehen, dass in nennenswertem Umfang positive Beschäftigungseffekte für Gering- oder Nichtqualifizierte entstehen werden.

– Infolge der Einführung von industriellen Ambient-Intelligence-Anwendungen zeichnet sich ab, dass erweiterte technische Möglichkeiten zur Automatisierung von einfachen Kontroll-, Überwachungs- und anderen manuellen Tätigkeiten entstehen, wodurch insbesondere einfache Tätigkeiten mit niedrigen Qualifikationsanforderungen substituiert werden könnten.

In der Summe lassen die beschriebenen Entwicklungen befürchten, dass die deutsche Industrie zunehmend als bislang wichtiger Anbieter auch einfacher Arbeiten wegbricht und damit deutlich weniger Entlastung für den Arbeitsmarkt der Geringqualifizierten als bislang beisteuern kann. Dies wird aller Voraussicht nach die bereits existenten Probleme der An- oder Ungelernten auf dem Arbeitsmarkt weiter verschärfen. Hier stellt sich zum einen die Frage, wie in Zusammenarbeit mit Interessensvertretungen und Tarifparteien entsprechende Ansätze zur bedarfsorientierten Weiterqualifikation der Geringqualifizierten, die an den konkreten Bedarfen der Industrie ansetzt, vorangetrieben werden können. Zum anderen ist in diesem Kontext auch systematisch zu analysieren und zu beobachten, ob zukünftig neben der produzierenden Industrie andere Sektoren, wie zum Beispiel einzelne Dienstleistungs- oder Handwerksbereiche, eine höhere Absorptionskapazität auch für Geringqualifizierte entwickeln können und unter welchen Bedingungen und mit welchen Konzepten dies stimuliert werden könnte.

Das zweite Dilemma zeigt sich, wie schon angedeutet, bei der Gesamtsicht auf die zukünftigen Bedarfe an Hochqualifizierten. Hier ist bereits heute absehbar, dass der steigende Bedarf an Hochschul- und Fachhochschulabsolventen zunehmend schwieriger gedeckt werden kann, da sich der Absolventen- und Fachkräftemangel, insbesondere bei Ingenieur- sowie Natur- und Wirtschaftswissenschaften durch den demografischen Wandel noch weiter verschärfen dürfte. Diese Engpasstendenz wird noch durch folgende Entwicklungen verschärft:

– Zukünftig wird der Wettbewerb um hervorragende Köpfe, insbesondere um hochqualifizierte Spezialisten und Führungskräften mit ingenieur- und betriebswirtschaftlichem Profil, noch stärker als bereits heute international und standortübergreifend stattfinden. Dies führt vor allem bei kleinen und mittleren Unternehmen mit ihrer im Vergleich zu großen Unternehmen geringeren „Arbeitgeberattraktivität“ und ihren eingeschränkten Möglichkeiten, entsprechende Gehälter zu zahlen, zu wachsenden Rekrutierungsproblemen. Auch zwischen der zunehmenden inneren Tertiarisierung sowie der marktorientierten Organisationsgestaltung und dem Bedarf an ingenieur- und betriebswirtschaftlichen Hochschul- und Fachhochschulabsolventen, zum Bei-

spiel in den Bereichen Beratung, Service, Forschung, Entwicklung oder Konstruktion, besteht ein nachweisbarer und signifikant positiver Zusammenhang.

– Industrielle Anwendungen von Bio- und Nanotechnologie sowie – noch etwas vager – auch Ambient-Intelligence-Anwendungen erfordern wegen ihrer hohen Wissensintensität und der großen Bedeutung von Forschung und Entwicklung hochqualifiziertes Personal, insbesondere natur- und ingenieurwissenschaftliches akademisches Personal sowie entsprechend ausgebildete technische Assistenz mit fachschulischer oder dualer Ausbildung. In Biotechnologieunternehmen wird sich der Personalbedarf wegen des erwarteten Wachstums und der geäußerten Expansionsabsichten bereits in mittelfristiger Perspektive von etwa fünf bis zehn Jahren in diese Richtung erhöhen und qualitativ verändern. Bei der industriellen Anwendung der Nanotechnologie und der AmI-Konzepte sind weitere zeitliche Verzögerungen von fünf bis zehn Jahren wahrscheinlich.

Vor dem Hintergrund der skizzierten Entwicklungen sind die Bildungs-, Wirtschafts-, Mittelstands- und Arbeitsmarktpolitik gefordert, der sich mittelfristig abzeichnenden Verknappung bei ingenieur-, natur- und wirtschaftswissenschaftlich ausgebildeten Akademikern konsequent entgegenzusteuern. Dazu sind alle Möglichkeiten zur Vermeidung oder Minderung der absehbaren Engpässe auszuloten und voranzutreiben, sei es über attraktivere Studienbedingungen, Möglichkeiten der Fachkräftegewinnung aus dem Ausland oder der Steigerung der Anziehungskraft herausfordernder Tätigkeiten in der Industrie im Allgemeinen. Durch offensive Kommunikation und entsprechend konzertierte Maßnahmen muss es gelingen, zukünftig wieder mehr junge Leute für industrierelevante Studiengänge, insbesondere im Ingenieurbereich sowie in den Natur- und Wirtschaftswissenschaften, begeistern zu können.

I. Einleitung

1. Zukunft der Industriearbeit – Ziele und Ansatz des „Zukunftsreports“

Der vorliegende Bericht zur „Zukunft der Industriearbeit“ ist die erste Realisierung eines „Zukunftsreports“ innerhalb der Berichterstattung des TAB für den Deutschen Bundestag. Ein Zukunftsreport dient dazu, ein breiteres Themenfeld auf zukünftige, politisch relevante Problemstellungen hin zu untersuchen (Salo/Cuhls 2003). Dieser Bericht behandelt somit kein bestimmtes Technologiefeld, sondern geht von dem gesellschaftlichen Themenfeld „Industriearbeit“ aus, für das zukünftig eine Reihe verschiedener technischer Entwicklungen und Veränderungen von Rahmenbedingungen und Organisationsformen verstärkt relevant sein werden. Daher liegt der Schwerpunkt der Untersuchung darauf, möglichst belastbare Indizien zusammenzutragen, wie sich innerhalb des untersuchten Feldes technische, organisatorische und marktliche Strukturen entwickeln könnten.

Thema dieses Zukunftsreports ist die „Zukunft der Industriearbeit“ mit einem Zeithorizont von etwa fünf bis zehn Jahren in die Zukunft, also bis etwa 2015. Unter Industriearbeit wird im Folgenden zum einen die klassische Produktionsarbeit an sich verstanden, die von Werkern in Industriebetrieben zur Herstellung oder Weiterveredlung eines physischen und verkäuflichen Produkts erbracht wird. Diese Form der Erwerbsarbeit wird in der Betriebswirtschaftslehre als „direkte“, weil unmittelbar wertschöpfende Tätigkeit eingestuft. Daneben ist jedoch auch eine ganze Reihe „indirekter“ Tätigkeiten in produzierenden Betrieben notwendig, um eine Wertschöpfung, also die Schaffung von Wert, die über den Produktpreis erzielt wird, sicherzustellen. Dazu zählen insbesondere koordinierende, planende, dispositive, qualitätssichernde, maschinenrüstende und -instandhaltende Tätigkeiten, aber ebenso Service- und Dienstleistungen für den Kunden, die produktbezogene Forschung und Entwicklung sowie Marketing und Vertrieb der Produkte und Leistungen. Daraus resultiert insgesamt ein erweitertes Verständnis von Industriearbeit, das diesem Bericht zugrunde liegt und alle direkt und indirekt wertschöpfenden Tätigkeiten in produzierenden Industriebetrieben, die zum Mehrwert des verkäuflichen Produkts beitragen, umfasst.

Die produzierende Industrie ist für die deutsche Wirtschaft insgesamt von hervorragender Bedeutung. Etwa 97 Prozent der gesamten deutschen Exporte werden vom Verarbeitenden Gewerbe getätigt und ca. 90 Prozent der FuE-Aufwendungen der deutschen Wirtschaft entfallen auf das Verarbeitende Gewerbe. Daneben haben die produzierenden Unternehmen eine Schrittmacherfunktion als wichtiger Nachfrager und Impulsgeber für sogenannte „produktionsnahe Dienstleistungen“, insbesondere Datenverarbeitung und Datenbanken, Forschung und Entwicklung sowie Erbringung von Dienstleistungen für Unternehmen. Zusammen mit diesen Sektoren beschäftigt das Verarbeitende Gewerbe fast 60 Prozent der Arbeitnehmer der deutschen Wirtschaft und erwirtschaftet knapp 80 Prozent des Produktionswertes. Auch im internationalen Vergleich kommt dem Verarbeitenden Gewerbe in Deutschland eine Schlüsselstellung zu, die von keinem anderen Land signifikant überboten wird (Kinkel et al. 2006).

Auch die Entwicklung des deutschen Verarbeitenden Gewerbes in den letzten Jahren kann als sehr erfreulich charakterisiert werden. Produktionsvolumen, Exporte, Investitionen und FuE-Aufwendungen weisen eine deutlich positive Dynamik auf (Kinkel et al. 2006). Einen im internationalen Vergleich eher geringfügigen Rückgang gibt es nur bei den Beschäftigtenzahlen zu verzeichnen, was auf realisierte Produktivitätssteigerungen schließen lässt. Das deutsche Verarbeitende Gewerbe hat demnach bei Exporterfolg und Produktivitätsfortschritt an Wettbewerbsfähigkeit gewonnen.

Vor dem Hintergrund dieser zentralen Position produzierender Unternehmen für die deutsche Wirtschaft insgesamt und ihrer positiven Entwicklung in den letzten Jahren ist die vorausschauende Analyse und Gestaltung der „Zukunft der Industriearbeit“ ein wichtiges politisches

Handlungsfeld. Auf den ersten Blick mag angesichts der noch immer drängenden Probleme auf dem Arbeitsmarkt die Frage danach, wie in Zukunft in produzierenden Industriebetrieben gearbeitet werden wird, als nebensächlich erscheinen. Derzeit werden vorrangig geeignete Maßnahmen zur Steigerung der Anzahl der zur Verfügung stehenden Arbeitsplätze gesucht und diskutiert. Tatsächlich jedoch sind die Fragen nach der Zahl und der Art der Arbeitsplätze eng miteinander verknüpft. Nur Arbeitsplätze, die dem Wandel in Gesellschaft, Wirtschaft und Technik gerecht werden, können nachhaltige Beschäftigung in Deutschland sichern. Veränderungen der Märkte sowie organisatorische und technische Entwicklungen, die Veränderungen in der Art der Industriearbeit mit sich bringen, müssen frühzeitig identifiziert, beschrieben und gegebenenfalls gemeinsam gestaltet werden, um zukunftsfähige Arbeitsformen und damit auch wettbewerbsfähige Arbeitsplätze in produzierenden Unternehmen schaffen zu können. Daher ist es auch im Sinne zukunftsfähiger Arbeitsmarktpolitik sinnvoll, das Thema „Industriearbeit" aus Sicht der Technikfolgenabschätzung zu bearbeiten.

Ziel dieses Zukunftsreports ist es zu ermitteln und zu diskutieren, an welchen Stellen aktuell und zukünftig sich abzeichnende und von Akteuren erwartete, veränderte Rahmenbedingungen zu einem Wandel der Arbeit in produzierenden Industrieunternehmen führen könnten, der verstärkte Überlegungen zu Beobachtungs- und Handlungsbedarf im Deutschen Bundestag angezeigt erscheinen lässt. Dazu werden zum Ersten wesentliche potenzielle Entwicklungspfade der Industriearbeit analysiert und beschrieben, die aus den veränderten Anforderungen der weiter zunehmenden Internationalisierung und „inneren Tertiarisierung" der Tätigkeiten der Industriebetriebe erwachsen. Zum Zweiten werden entsprechend veränderte Organisationsformen der Unternehmen in ihren möglichen Auswirkungen auf die Industriearbeit untersucht. Zum Dritten werden wesentliche technologische Entwicklungspfade, die zukünftige industrielle Tätigkeiten nachhaltig prägen könnten, dargestellt und eingeschätzt.

2. Aufbau des Berichts

Vor dem Hintergrund der Zielstellung ist der Aufbau des Berichts wie folgt angelegt:

In Kapitel II wird das Vorgehen und die methodische Basis des Berichts vorgestellt, und es wird dargelegt, welche Logik hinter der Auswahl der identifizierten Treiber der zukünftigen Entwicklung von Industriearbeit in den Feldern „veränderte Anforderungen", „geeignete Organisationsformen" und „neue Technologien" steht. Zudem werden die zugrunde liegenden Beschreibungsdimensionen, anhand derer die Auswirkungen auf die Industriearbeit untersucht wurden, abgegrenzt und kurz beschrieben.

In Kapitel III werden potenzielle Entwicklungen der Industriearbeit identifiziert, die sich aus veränderten Anforderungen an Industriebetriebe ergeben, insbesondere aus der voraussichtlich auch weiter an Bedeutung gewinnenden Internationalisierung (Kap. III.1) und „inneren Tertiarisierung" (Kap. III.2) industrieller Tätigkeiten.

In Kapitel IV werden entsprechend den Markterfordernissen veränderte Organisationsformen der Industrieunternehmen, insbesondere weitreichende Formen der markt- und kundenorientierten Unternehmensorganisation (Kap. IV.1) und der teamorientierten Arbeitsorganisation (Kap. IV.2), daraufhin analysiert, welche zukünftigen Veränderungen der Arbeit in den betroffenen Betrieben damit einhergehen könnten.

In Kapitel V werden mögliche Auswirkungen auf die Industriearbeit untersucht, die sich aus der zukünftigen Nutzung dreier exemplarischer Technologielinien, die häufig als mögliche Schlüsseltechnologien der Zukunft eingeschätzt werden, ergeben könnten. Ausgewählt wurden mit der Biotechnologie (Kap. V.1), der Nanotechnologie (Kap. V.2) sowie dem Technologiekonzept der Ambient Intelligence (Kap. V.3) drei Technikfelder, die vielfach als zentrale Zukunftstechnologien mit Schrittmacherfunktion herausgehoben werden, bezüglich ihrer Realisierung aber unterschiedlich weit fortgeschritten sind.

In Kapitel VI werden die wesentlichen Erkenntnisse zu den potenziellen Auswirkungen auf die Industriearbeit der Zukunft aus den einzelnen Hauptkapiteln (Kap. III bis V) querschnittsartig betrachtet und daraus abgeleitet, wo parlamentarische Handlungsüberlegungen zu einer zukunftsorientierten und nachhaltigen Gestaltung von Industriearbeit ansetzen könnten oder wo weiterer Beobachtungsbedarf angezeigt scheint.

Insgesamt soll und kann mit diesem Bericht kein Versuch unternommen werden, alle für die weitere Entwicklung relevanten Aspekte, wie in produzierenden Industriebetrieben zukünftig gearbeitet werden könnte oder sollte, umfänglich darzustellen und hinsichtlich sich daraus ergebender Ansatzpunkte für die Politik einzuordnen. Stattdessen wurden bewusst einige aus Sicht von Experten, Studien und Literatur wesentliche Entwicklungen ausgewählt, die aller Wahrscheinlichkeit nach das Handeln und die Wertschöpfung der Industriebetriebe in Zukunft verstärkt beeinflussen werden und daher für die weitere Gestaltung der Industriearbeit maßgebliche Rahmenbedingungen setzen. Der gewählte Ansatz geht dementsprechend eher in die Tiefe denn in die Breite: Die wenigen ausgewählten Veränderungen von Marktanforderungen, Organisation und Technik werden in ihren potenziellen Auswirkungen auf die Industriearbeit detaillierter durchleuchtet, als dies mit einem breiteren Vorgehen möglich gewesen wäre.

II. Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes

1. Beschreibungsdimensionen der Industriearbeit

Im Zentrum dieses Berichts steht die Frage, wie in Zukunft in produzierenden Industriebetrieben gearbeitet werden wird. Der Fokus der Untersuchung liegt damit auf qualitativen Veränderungen der Industriearbeit mit einem Zeithorizont von etwa fünf bis zehn Jahren in die Zukunft, also bis etwa 2015. Mit der Qualität der Industriearbeit beschäftigen sich insbesondere die Wissenschaftsdisziplinen der Arbeitswissenschaft und der Arbeitssoziologie. Einer „Kerndefinition der Arbeitswis-

senschaft“ zufolge (Luczak et al. 1989) steht die Analyse, Ordnung und Gestaltung der technischen, organisatorischen und sozialen Bedingungen von Arbeitsprozessen in ihrem Zentrum. Damit wird das Ziel verfolgt, dass die arbeitenden Menschen in ihren Arbeitsprozessen produktiv und effizient tätig sein können, indem sie

– angemessene Arbeitsinhalte und -aufgaben erhalten,
– Handlungsspielräume entfalten und Fähigkeiten erwerben können,
– in Kooperationen mit anderen ihre Persönlichkeit entwickeln können,
– schädigungsfreie und belastungsarme Arbeitsbedingungen vorfinden,
– in angemessenen Arbeitsumgebungen und -orten tätig sein können sowie
– angemessene Rahmenbedingungen der Arbeitszeit und Entlohnung erfüllt sehen (Luczak 1998, S. 7).

Die Arbeitssoziologie als weitere wichtige wissenschaftliche Teildisziplin zur Erforschung der Veränderung der Qualität der Arbeit setzt sich mit verschiedenen Betrachtungsebenen der Arbeit auseinander, in denen sie sich nicht immer trennscharf von anderen für die Arbeitsforschung relevanten soziologischen Teildisziplinen, insbesondere der Industrie- und Betriebssoziologie sowie Organisations- und Techniksoziologie, abgrenzen lässt (Luczak 1998). Forschungsgegenstand der Arbeitssoziologie wie auch der Industriesoziologie war traditionell die Arbeit in produzierenden Unternehmen und insbesondere in Großunternehmen. Während der Humanisierungsdebatte der 1970er Jahre hat sie sich stark mit Fragen der Arbeitsgestaltung und mit Auswirkungen industrieller Arbeit auf die Beschäftigten befasst (Altmann et al. 1978; Bolte 1983; Kern/Schumann 1984; Löffler/Sofsky 1986). Die Industriesoziologie erhob dabei auch einen Gestaltungsanspruch: Es sollte nicht nur geforscht, sondern auch tatsächlich verändert werden. Neue Formen der Arbeitsorganisation, und hier in erster Linie die Gruppenarbeit, wurden erforscht und in Pilotprojekten erprobt. Das Selbstverständnis der Arbeits- und Industriesoziologie beinhaltete daher neben der theoretischen Forschung auch die praktische Umsetzung und damit die Veränderung von Industriearbeit. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass repetitive, entfremdete Industriearbeit tendenziell schädlich ist und daher alternative Konzepte notwendig sind, um die Arbeit für den Menschen attraktiver und persönlichkeitsfördernd zu gestalten. Gegenwärtig ist eine Neuorientierung der Arbeits- und Industriesoziologie zu beobachten, die sich nun verstärkt der Untersuchung neuer Arbeitsformen widmet. Das Konzept des Arbeitskraftunternehmers (Voß/Pongratz 1998) oder die Debatte über die zunehmende „Subjektivierung“ von Arbeit (Moldaschl/Voß 2002) sind diesem Forschungszweig zuzurechnen.

Der Forschungsgegenstand der Arbeitssoziologie umfasst verschiedene Betrachtungsebenen. Die erste Ebene beschäftigt sich mit dem Individuum als Arbeitsperson und seiner spezifischen Arbeitssituation als Teil eines Arbeitssystems (Abbildung 1). Diese Ebene wird über das Arbeitssystem stark von neuen technischen Entwicklungen und der Einführung neuer Technologien in Industriebetrieben geprägt, weshalb der Techniksoziologie inklusive der Technikfolgenforschung hier auch eine bedeutende Rolle zukommt.

Abbildung 1

Betrachtungsebenen der Arbeitssoziologie

Ebene 4: Arbeitswelt und gesellschaftlicher Wandel der Lebenswelt
- gesellschaftlicher Wertewandel und Lebensperspektiven der Arbeitnehmer
- gesellschaftlicher Wertewandel und Arbeitswirklichkeit

Ebene 3: Arbeitsperson in der industriellen Arbeitswelt
- Arbeitsverhältnisse
- berufliche Qualifikation und Qualifizierung
- berufliche Rollen- und Karriereentwicklung

Ebene 2: Arbeitsperson als Teil des Betriebs
- arbeitsrelevante Effekte organisatorischer Veränderungen
- Steuerung und Kontrolle von Arbeit vs. Selbstverantwortlichkeit und -organisation

Ebene 1: Individuum als Arbeitsperson
- spezifische Arbeitssituation
- Arbeitssystem (Organisation und Technik)

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Luczak 1998, S. 13

Die zweite Betrachtungsebene setzt sich mit der Arbeitsperson als Teil des Sozialsystems Betrieb und den sich aus Veränderungen der Betriebsstruktur ergebenden arbeitsrelevanten Veränderungen auseinander. Hier bestehen starke Berührungspunkte zur Betriebs- und Organisationssoziologie. Auf dieser Ebene werden zum Beispiel gegensätzliche Entwicklungen technischer Möglichkeiten und Systeme zur Kontrolle und Rationalisierung auf der einen Seite (z. B. Kern/Schumann 1984) und der zunehmenden Selbstorganisation und „Subjektivierung" der Industriearbeit auf der anderen Seite (z. B. Moldaschl/Voß 2002; Schönberger/Springer 2003) analysiert und diskutiert. Die Kernthese der „Subjektivierung von Arbeit" besagt, dass infolge der Abnahme formaler Strukturierung in den Unternehmen die subjektiven Potenziale der Beschäftigten stärker gefordert sind, sowohl als Chance, eigene Stärken und Leistungen in den Arbeitsprozess einzubringen und umzusetzen, als auch als Zwang, den Arbeitsprozess auch unter „entgrenzten" Bedingungen im Sinne der Betriebsziele aufrechtzuerhalten und die eigene Arbeit viel mehr als bisher aktiv zu strukturieren, selbst zu kontrollieren, zu rationalisieren und zu „verwerten" (Moldaschl/Voß 2002, S. 14). Im Zusammenhang mit der weiter zunehmenden Selbstorganisation innerhalb von Unternehmen wird in der Arbeitsforschung in einer radikalen Projektion von der Herausbildung eines neuen Typus des sogenannten „Arbeitskraftunternehmers" gesprochen (Voß/Pongratz 1998). Dieser neue Typus zeichnet sich durch erweiterte Selbstkontrolle, den Zwang zur verstärkten Ökonomisierung der eigenen Arbeitsfähigkeiten und die Verbetrieblichung der alltäglichen Lebensführung aus und könnte seinen Protagonisten zufolge die bisher vorherrschende Form des „verberuflichten Arbeitnehmers" ablösen. Hier stellt sich zum Beispiel die Frage, ob diese Erwartung für einen quantitativ bedeutenden Teil der Arbeitnehmer tatsächlich realistisch ist.

Die dritte Betrachtungsebene untersucht das Agieren der Arbeitsperson in der industriellen Arbeitswelt, wobei die Arbeitsverhältnisse der Arbeitnehmer und die Austauschbeziehungen zu den Bedingungen am Arbeitsmarkt im Mittelpunkt stehen. Hierunter fallen insbesondere auch das breite Untersuchungsfeld der beruflichen Qualifikationen und Qualifizierung sowie Aspekte der Rollen- und Karriereentwicklung. Konkrete Beispiele für Entwicklungen in diesem Feld sind unter anderem die Neuordnung von Berufsbildern und Qualifikationsanforderungen wie im Fall des Industriemechanikers (Bundesgesetzblatt 2004) oder aktuelle Auseinandersetzungen um die zunehmende Verknappung von Industriearbeitsplätzen für Geringqualifizierte oder den vermeintlichen marktlichen Zwang zur Arbeitszeitflexibilisierung und -verlängerung.

Die übergeordnete vierte Betrachtungsebene nimmt sich schließlich des Zusammenspiels von Arbeits- und Lebenswelt der Arbeitsperson an. Sie untersucht im Kern, welchen Einfluss ein gesellschaftlicher Wertewandel auf die Lebensperspektiven der Arbeitnehmer und deren Arbeitsverhalten und -einstellungen hat und wie diese Veränderungen zu der Arbeitswirklichkeit in den Betrieben passen bzw. wo Anpassungsbedarf besteht. Diese vierte Dimension geht damit von gesellschaftlichen Veränderungen aus und fragt ausgehend von diesen, welche Implikationen dies für das Arbeitsverhalten der Erwerbspersonen und schließlich die Arbeitsverhältnisse in den Betrieben hat.

Aufgrund der Zielsetzung des Berichts, im Rahmen der Analyse der zukünftigen Anforderungen an die Industriearbeit bei einigen Aspekten detaillierter in die Tiefe zu gehen und nicht alle potenziell für die zukünftige Gestaltung der Industriearbeit relevanten Entwicklungen in der gesamten Breite abzudecken, liegt der Fokus auf den unteren drei Betrachtungsebenen (Abbildung 1). Analysen der zukünftigen Veränderung individueller Präferenzen und gesellschaftlicher Werte und ihrer Implikationen für die Ausgestaltung der Lebens- und Arbeitswelten der betroffenen Personen sind daher nicht Bestandteil dieser Untersuchung. Auch Veränderungen und Umbrüche von gesellschaftlichen Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel der demografische Wandel oder die Migration von Arbeitspersonen, welche die quantitative Basis des zur Verfügung stehenden Arbeitsmarktes in Höhe und Struktur verändern, können hier nicht betrachtet werden. Zum einen würde dies den Rahmen und den Umfang dieses Berichts, der stark auf die zukünftig absehbaren qualitativen Veränderungen der Industriearbeit abstellt, sprengen. Zum anderen gibt es zum Beispiel gerade zur Frage, welche Folgen der demografische Wandel für die Zusammensetzung des Arbeitskräftereservoirs der Zukunft hat und welche Potenziale und vor allem Risiken sich daraus für die deutsche Industrie ergeben, bereits zahlreiche und umfängliche Studien und Initiativen (z. B. Buck et al. 2002; Buck/Schletz 2004; Europäische Kommission 2005; Freude 2004).

Vor dem Hintergrund der von den Arbeitswissenschaften und der Arbeitssoziologie thematisierten Aspekte einer qualitativen Arbeitsanalyse sollen im Rahmen dieser Studie insbesondere folgende Dimensionen einer qualitativen Veränderung der Industriearbeit beleuchtet werden.[1]

Neue Risiken und Belastungen

Diese Dimension betrifft den arbeitswissenschaftlichen Aspekt schädigungsfreier und belastungsarmer Arbeitsbedingungen und setzt damit auf der ersten Ebene der arbeitssoziologischen Betrachtung an. In dieser Untersuchung geht es dabei nicht um Fragen der Ergonomie und Arbeitsplatzgestaltung, die detaillierte Analysen auf der Ebene der Einzelarbeitsplätze erfordert hätten. Im Kern steht vielmehr die Frage, ob insbesondere durch die Einführung und Nutzung neuer Technologien, wie zum Beispiel von Bio- oder Nanotechnologien, in der Produktion zukünftig neue gesundheitliche Risiken und Gefährdungen zum Beispiel durch freiwerdende Stoffe und Partikel

[1] Wobei diese Veränderungen der Industriearbeit immer vor dem Hintergrund ausgewählter, konkreter Treiber der Veränderung (Marktanforderungen wie Internationalisierung und Tertiarisierung der Unternehmenstätigkeiten, Einführung adäquater Organisationsformen und neuer Technologien wie Bio-, Nano- und Ambient-Intelligence-Technologien [Abbildung 2]), analysiert werden, die im weiteren Verlauf des Kapitels beschrieben werden.

zu erwarten sind oder ob diese Fragen für bestimmte Bereiche bislang ausreichend untersucht wurden.

Veränderung des erforderlichen Tätigkeitsspektrums

Diese Dimension greift den arbeitswissenschaftlichen Aspekt angemessener Arbeitsinhalte und -aufgaben wie auch notwendiger Handlungsspielräume auf und ist auf der ersten bzw. zweiten Ebene der arbeitssoziologischen Betrachtung verortet. Hierunter fallen zum Beispiel die Anreicherung von Tätigkeitsinhalten der „direkten“ Produktionsmitarbeiter (Werker) um koordinierende, planende, dispositive, qualitätssichernde, maschinenrüstende oder -instandhaltende Tätigkeiten oder zusätzliche Aufgaben für Mitarbeiter der „indirekten“ Bereiche um wertschaffende Service- und Dienstleistungen für den Kunden. In diesem weiten Verständnis gehören zu dieser Beschreibungsdimension auch Veränderungen in Richtung einer zunehmenden Selbstorganisation und „Subjektivierung“ der Industriearbeit.

Veränderung der erforderlichen methodischen und sozialen Kompetenzen

Diese Dimension ist auf der ersten bzw. zweiten Ebene der arbeitssoziologischen Betrachtung verortet und bildet eine Basis für den arbeitswissenschaftlichen Aspekt, Handlungsspielräume im Betrieb entfalten zu können. Hier stellt sich unter anderem die Frage, ob und in welchen Kontexten bestimmte „Soft Skills“, wie zum Beispiel interkulturelles Verständnis, Dienstleistungsorientierung oder interdisziplinäre Kommunikationsfähigkeit, wichtiger werden und welche Implikationen dies für den Aus- und Weiterbildungsbedarf der betroffenen Personengruppen hat.

Entsinnlichung der Arbeit bzw. Entfremdung vom Arbeitsergebnis

Diese Dimension setzt am arbeitswissenschaftlichen Aspekt angemessener Arbeitsinhalte und -aufgaben an und deckt damit Teile der ersten und zweiten Ebene der arbeitssoziologischen Betrachtung mit ab. Im Zentrum steht dabei die Frage, ob sich durch veränderte Anforderungen an die Unternehmenstätigkeit oder durch die Einführung neuer Organisationsformen und Technologien der Inhalt der Arbeit gegebenenfalls weiter vom Produkt an sich „entfremdet“ und so zu einer größeren Distanz und geringeren Identifikation mit dem Arbeitsergebnis führt. Beispiele könnten hier Tendenzen zu einem informatisierten statt tatsächlich physischen Umgang mit dem Produkt darstellen oder die ausschließliche Befassung mit einzelnen Subkomponenten, die eine „emotionale Beziehung“ zum Großen und Ganzen zunehmend erschweren.

Flexibilisierung der Arbeitsleistung

Diese Dimension betrifft den arbeitswissenschaftlichen Aspekt angemessener arbeitszeitlicher Rahmenbedingungen und ist auf der zweiten Ebene der arbeitssoziologischen Betrachtung angesiedelt. Hierunter ist zum Beispiel zu untersuchen, welche veränderten marktlichen, organisatorischen und technischen Anforderungen eine weitere zeitliche Flexibilisierung der Arbeitserbringung erfordern oder es aber erlauben, Flexibilitätsanforderungen ohne Einbußen bei der Wirtschaftlichkeit der Produktion wieder zurückzunehmen. Damit fokussiert diese Beschreibungsdimension auf den Aspekt der zeitlichen Flexibilität; die inhaltliche Flexibilität wird in der Dimension „Tätigkeitsspektrum“ und die räumliche Flexibilität in der Dimension „Ort der Leistungserbringung“ abgedeckt.

Ort der Leistungserbringung

Diese Dimension entspricht dem Aspekt der räumlichen Flexibilisierung der Erbringung der Industriearbeit, also der arbeitswissenschaftlichen Frage nach angemessenen Arbeitsumgebungen und -orten, und ist auf der zweiten Ebene der arbeitssoziologischen Betrachtung angesiedelt. Hier geht es darum zu untersuchen, ob in Abhängigkeit von den untersuchten Treibern der Veränderung der Industriearbeit zukünftig mobile Arbeit, international grenzübergreifende Tätigkeiten oder gegebenenfalls auch das Arbeiten von zuhause stärker gefordert oder besser ermöglicht wird und welche Tätigkeitsgruppen voraussichtlich von solchen Entwicklungen besonders betroffen sein werden.

Intensivierung der Arbeitsleistung

Diese Dimension ist oftmals eine Folge der zeitlichen, inhaltlichen und räumlichen Flexibilisierung der Industriearbeit und der damit einhergehenden „Entgrenzung“ von Arbeits- und Lebenswelt (Kratzer 2003; Sauer 2005). Die resultierende Verschiebung des Gleichgewichts zwischen Arbeits- und Lebenswelt (auch diskutiert als „Work-Life-Balance“) kann einerseits verbesserte Möglichkeiten eröffnen, Arbeitsort und Arbeitszeit individuell und selbstbestimmt zu gestalten. Vielfach wird jedoch die Gefahr höher eingeschätzt, dass die Lebenswelt zunehmend unter das Primat der Arbeitswelt gestellt wird und der Raum zur Regenerierung von der Arbeitsbelastung schrumpft. Damit ist diese Dimension ebenfalls der zweiten Ebene der arbeitssoziologischen Betrachtung zuzuordnen, greift aber bereits den arbeitswissenschaftlichen Aspekt der Schaffung belastungsarmer Arbeitsbedingungen mit auf. Im Grunde geht es darum zu untersuchen, welche der analysierten Treiber der Veränderung der Industriearbeit zukünftig aller Voraussicht nach zu Arbeitsverhältnissen führen werden, unter denen eine weitere Intensivierung der Arbeitsleistung kaum vermeidbar erscheint. Da kreative Arbeit angemessene Erholungszeiten verlangt, kann eine solche Arbeitsintensivierung zwar kurzfristig die Produktivität erhöhen, ist aber sowohl für das Individuum wie auch für das Unternehmen mittelfristig mit nachhaltigen Potenzialeinbußen verbunden, die es proaktiv zu vermeiden gilt.

Veränderung des erforderlichen formalen Qualifikationsbedarfes

Diese Dimension setzt auf der dritten Ebene der arbeitssoziologischen Betrachtung an. Hierunter fallen zum Beispiel Fragen danach, ob zukünftig in Abhängigkeit von

den untersuchten Treibern der Veränderung der Industriearbeit ein höherer oder ein geringerer Bedarf an Höchstqualifizierten mit Hochschulabschluss oder an geringqualifizierten An- und Ungelernten entstehen wird bzw. wahrscheinlich ist.

Veränderung des erforderlichen fachlichen Qualifikationsbedarfes

Diese Dimension setzt auf der dritten Ebene der arbeitssoziologischen Betrachtung an und deckt den arbeitswissenschaftlichen Aspekt der Bereitstellung von Freiräumen, um neue Fähigkeiten erwerben zu können, mit ab. Hierunter ist zum Beispiel zu untersuchen, welche Ausbildungs- und Studienfächer und gegebenenfalls auch welche interdisziplinären Kompetenzen zukünftig in Abhängigkeit von den untersuchten Treibern der Veränderung der Industriearbeit wahrscheinlich verstärkt oder in geringerem Umfang nachgefragt werden.

Wissensintensivierung bzw. Verwissenschaftlichung der Industriearbeit

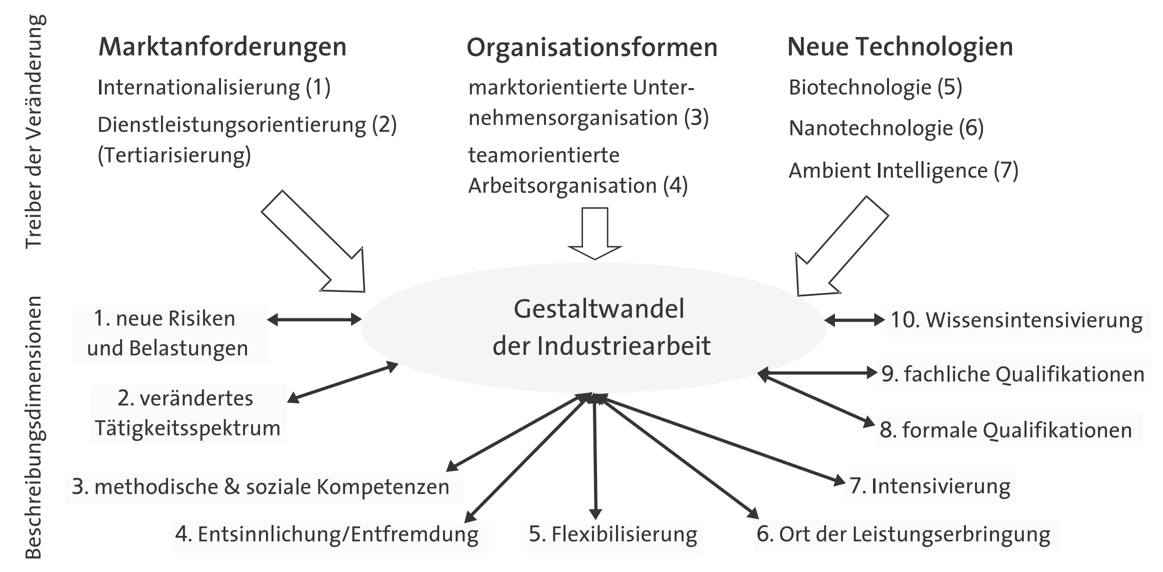
Diese Dimension ist der dritten Ebene der arbeitssoziologischen Betrachtung zuzuordnen. Im Kern steht hier die Frage, ob veränderte Rahmenbedingungen und Anforderungen an die Industriearbeit dazu führen werden, dass zukünftig bestimmte Tätigkeiten ein breiteres oder tiefer gehendes, spezialisiertes Wissensspektrum erfordern, weil sie zum Beispiel zunehmend technisiert oder informatisiert zu erbringen sind. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, mögliche Tendenzen zur „Verwissenschaftlichung" der Industriearbeit nicht vermeintlich allgemeingültig herleiten zu wollen, sondern anhand ausgewählter und abgegrenzter Treiber, insbesondere der Einführung neuer Technologien, wie zum Beispiel Bio-, Nano- oder Ambient-Intelligence-Technologien, kontextspezifisch zu analysieren, welche konkreten Entwicklungen der Industriearbeit damit wahrscheinlich einhergehen werden.

2. Treiber der Veränderung der Industriearbeit

Der Fokus auf spezifische „Treiber" der Veränderung der Industriearbeit, die dann in ihren Auswirkungen im Gegensatz zu einem breiteren Ansatz vertieft beleuchtet werden können, ist ein zentrales Element des für diese Untersuchung gewählten Analyserahmens (Abbildung 2). Dabei wurde der Blick darauf gerichtet, welche wahrnehmbaren und auch zukünftig relevanten Entwicklungstendenzen bei Marktanforderungen, angepasster Gestaltung von Organisationsformen und neuen Technologien derzeit als besonders wichtig für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der produzierenden Industrie eingeschätzt werden und wesentliche Auswirkungen darauf haben können, wie zukünftig in Industriebetrieben gearbeitet werden wird. Als besonders relevante Treiber in diesem Sinne wurden folgende Anforderungs- und Technologiefelder identifiziert und ausgewählt:

Abbildung 2

Analyserahmen zum zukünftigen Gestaltwandel der Industriearbeit



Quelle: eigene Darstellung

2.1 Marktanforderungen

Aus der Perspektive der produzierenden Wirtschaft sind die wichtigsten Kennzeichen des aktuellen und andauernden Marktwandels die weiter zunehmende Internationalisierung sowie die Dienstleistungsorientierung bzw. „Tertiarisierung" der unternehmerischen Geschäftstätigkeiten (Brödner/Lay 2002; Cuhls et al. 1998; Fraunhofer ISI 2005).[2] Diese aller Voraussicht nach weiter fortschreitenden Entwicklungen können durchaus eine gänzlich neue Qualität der Leitungserbringung hinsichtlich Schnelligkeit, Gleichzeitigkeit, Effizienzorientierung, Intensität, Kunden- und Problemlösungsorientierung mit sich bringen. Sie sind daher keinesfalls als bloße und gegebenenfalls lineare Fortschreibung schon seit Längerem bestehender Entwicklungen in die Zukunft zu verstehen, sondern können Geschäfts- und damit auch Arbeitsmodelle der deutschen produzierenden Industrie grundsätzlich wandeln.

Internationalisierung

Die Internationalisierung der Wertschöpfung und der Märkte ist ein Trend, der Auswirkungen ganz verschiedener Art auf die Beschäftigten und die Arbeit im Verarbeitenden Gewerbe haben kann. So reagieren deutsche Produktionsunternehmen zum Beispiel auf die verschärfte globale Konkurrenzsituation, indem sie zunehmend Wertschöpfung ins Ausland verlagern (Offshoring), um somit in erster Linie Kostenvorteile in sogenannten Niedriglohnländern zu realisieren oder die Fremdvergabe von Teilen der Produktion (Outsourcing) an ausländische Zulieferer vorantreiben (Abele et al. 2006; Kinkel et al. 2004). Eine andere, verstärkt auch von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) geforderte, Strategie ist die Produktion im Auslandsmarkt für diesen Markt, um neue Marktpotenziale zu erschließen oder in der Nähe ausländischer Schlüsselkunden zu fertigen[3] (DIHK 2005; Kinkel 2004). Immer mehr deutsche Betriebe unterhalten im Ausland Niederlassungen, um den Vertrieb und den Service für die ausländischen Märkte vor Ort abzuwickeln (DIHK 2006; Kinkel/Lay 2000). Häufig werden dabei auch Kooperationen mit Partnern vor Ort eingegangen (Kinkel/Lay 2000). Diese Entwicklungen verändern die Arbeitswelt momentan in erheblichem Maße und werden sie – nach übereinstimmender Meinung in der Literatur – auch in den nächsten zehn Jahren noch weiter maßgeblich prägen. So können sich zum Beispiel insbesondere für KMU erhebliche Probleme ergeben, wenn qualifiziertes Engpasspersonal für internationale Managementaufgaben in zunehmendem Maße weltweit geworben wird und KMU im Vergleich zu großen „global playern" nicht attraktiv genug erscheinen. Diese und weitere arbeitsrelevante Anforderungen, die im Zuge der weiteren Internationalisierung der Geschäftstätigkeiten der Unternehmen an Bedeutung gewinnen werden, sollen daher in Kapitel III.1 dieses Berichts ausführlich analysiert werden.

Tertiarisierung

Hinter der Entwicklung moderner Gesellschaften zu „Dienstleistungsgesellschaften" verbergen sich durchaus unterschiedliche Entwicklungen, die Auswirkungen auf die Industriearbeit der Zukunft haben können. Dazu gehört zum einen die Ausweitung des Dienstleistungssektors, indem unter anderem Teile der Wertschöpfung aus Produktionsunternehmen (sekundärer Sektor) in andere Unternehmen ausgelagert werden (Outsourcing), die dem tertiären Sektor angehören (Kalmbach et al. 2005). Zum anderen findet aber auch in den produzierenden Unternehmen selbst eine sogenannte „innere Tertiarisierung" statt, indem in diesen Betrieben verstärkt Dienstleistungstätigkeiten verrichtet werden (Lay/Rainfurth 2002). Dabei spielen insbesondere Dienstleistungen für den Kunden, die rund um das Produkt erbracht werden und als hybride Produkt-Dienstleistungs-Bündel zur Mehrwertschaffung beitragen, eine zunehmend wichtige Rolle (Lay/Jung Erceg 2002). Diese Integration von Dienstleistungs- und Produktionsarbeit im sekundären Sektor ist insbesondere in Deutschland ein bedeutendes Phänomen. So haben in Deutschland im Gegensatz zu den USA weniger Firmen Dienstleistungsfunktionen ausgelagert, wodurch der Anschein eines geringeren volkswirtschaftlichen Dienstleistungsanteils – mit ausschließlichem Fokus auf den tertiären Sektor – entsteht. Wird jedoch der Anteil der Dienstleistungsarbeit im sekundären Sektor (innere Tertiarisierung) mit betrachtet, dann schmilzt die vermeintliche „Dienstleistungslücke" erheblich zusammen (Kalmbach et al. 2005). Dies allein zeigt die Relevanz der inneren Tertiarisierung für die Industriearbeit. Denn damit verändert sich der Charakter der Arbeit für eine bedeutende Zahl von Beschäftigten im Produzierenden Gewerbe (Rainfurth 2003). Einerseits müssen sich die Beschäftigten immer mehr mit anderen Bereichen vernetzen, um kundenspezifische Problemlösungen zu erarbeiten. Andererseits umfasst das eigene Aufgabenfeld nun sowohl Dienstleistungs- als auch Produktionsfunktionen. Wie sich dieses Phänomen zukünftig voraussichtlich weiter entwickeln wird und welche Konsequenzen dies für die Industriearbeit der Zukunft hat, soll in Kapitel III.2 dieses Berichts eingehend untersucht werden.

2.2 Angepasste Organisationsformen

Auch der Wandel der Organisationsprinzipien und -formen in produzierenden Unternehmen als Reaktion auf sich zunehmend dynamisch verändernde Marktanforderungen wird in vielen Zukunftsstudien als wichtiges Thema identifiziert, das für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen von erheblicher Bedeutung ist (Cuhls et al. 1998; Fraunhofer ISI 2005; Schirrmeister et al. 2003). Auf der strategischen Ebene der Aufbau- und

---

[2] Oftmals wird ein allgemeiner Trend zur „Wissensgesellschaft" als weiterer wichtiger Treiber beschrieben. In dem in dieser Untersuchung gewählten Ansatz wird dagegen spezifischer analysiert, inwiefern die ausgewählten Veränderungen von Markt, Organisation und Technologien zu einer „Wissensintensivierung bzw. Verwissenschaftlichung" der Industriearbeit führen werden (Abbildung 2). Die „Wissensintensivierung" ist damit eine Beschreibungsdimension, die ausgehend von den identifizierten Veränderungen der Produktion konkreter gefasst und beschrieben werden kann als bei einem allgemeineren Ansatz.

[3] Dies sind oftmals auch ausländische Werke großer deutscher Abnehmer.

Ablauforganisation wird hier insbesondere die Implementierung marktförmiger dezentraler Organisationsstrukturen diskutiert, auf der operativen Ebene der Arbeitsorganisation trotz einer bereits langen Historie und Debatte (Kern/Schumann 1984) auch weiterhin die Einführung konsequenter teamorientierter Arbeitsstrukturen (Fraunhofer ISI 2005).

Marktorientierte Unternehmensorganisation

Das zentrale Element veränderter Organisationsformen zur marktorientierten Ausrichtung und Steuerung der Wertschöpfung auf der Unternehmensebene ist das Prinzip der „strategischen Dezentralisierung" (Latniak et al. 2002). Damit ist gemeint, dass im Industrieunternehmen eigenverantwortliche, kundenorientierte Unternehmenseinheiten eingerichtet werden und einem Wertschöpfungsprozess oder einem Kundenproblem zugehörige Aufgaben wieder in einer organisatorischen Einheit zusammen geführt werden (Brödner/Lay 2002; Latniak et al. 2002). Die prominentesten Elemente dieser strategischen Dezentralisierung sind die kunden- oder produktbezogene Aufgliederung von Zentralabteilungen (z. B. Materialwirtschaft, Einkauf, Konstruktion) sowie die kunden- oder produktbezogene Aufgliederung der Produktion in einzelne Fertigungssegmente. Auf diese Weise verringert das Prinzip der Dezentralisierung den Koordinations- und Abstimmungsbedarf im Unternehmen und mit den Kunden und hat damit das Potenzial, marktorientierte Abläufe zu beschleunigen. Die konsequente Implementierung und Umstellung der Produktion auf diese Organisationsprinzipien kann große Veränderungen in der Ausgestaltung der zukünftigen Industriearbeit nach sich ziehen, die in Kapitel IV.1 umfassend analysiert und beschrieben werden.

Teamorientierte Arbeitsorganisation

Maßnahmen zur operativen Dezentralisierung auf der Ebene der Arbeitsorganisation zielen üblicherweise darauf ab, planende und steuernde Kompetenzen und Tätigkeiten wieder an die ausführende Einheit im Rahmen der Realisierung einer objektorientierten Aufgabenintegration oder einer teamorientierten Arbeitsorganisation, üblicherweise als Gruppenarbeit bezeichnet, zurückzugeben (Brödner/Pekruhl 1991). Mit der Einführung von Gruppenarbeitsstrukturen in Industriebetrieben wird immer auch die Erwartung verbunden, die im Zuge von Taylorismus und Fordismus stark vorangetriebene funktionale Trennung von ausführenden und planenden Tätigkeiten wieder (teilweise) zurückzunehmen zugunsten einer integrierteren Arbeitsweise. Ob diese Hoffungen berechtigt sind und Gruppenarbeit auch zukünftig als ein Instrument zur „Requalifizierung" der Industriearbeit einzusetzen ist bzw. welche weiteren Auswirkungen teamorientierte Arbeitsstrukturen tatsächlich auf die Qualität der Industriearbeit haben, wird in Kapitel IV.2 eingehend untersucht und diskutiert.

2.3 Neue Technologien

Dass die Einführung und Nutzung neuer Technologien weitreichende Folgen für die Ausgestaltung der Arbeit in produzierenden Industrieunternehmen haben kann, ist unstrittig und vielfach belegt (z. B. Brödner 1997). Dabei konzentrieren sich die Erkenntnisse auf verhältnismäßig reife oder sich bereits in der Diffusion befindliche Technologien wie beispielsweise CNC- (z. B. Martin 1995), CIM- (z. B. Cyranik/Ulich 1993; Fleig/Schneider 1995) oder Robotertechnologien (z. B. Hallwachs/Schiele 1987) in der industriellen Anwendung. Zu den potenziellen Auswirkungen neuer, gerade erst in der Industrie zum Einsatz kommender oder noch vor der industriellen Anwendung stehender Technologien (sogenannte „emerging technologies") auf die Industriearbeit der Zukunft ist aber so gut wie nichts bekannt. Vor diesem Hintergrund sollen in dieser Untersuchung bewusst drei Technologiestränge, die in verschiedenen Studien immer wieder als Schlüsseltechnologien der Zukunft identifiziert wurden (Bullinger 2004; Cuhls et al. 1998; Fraunhofer ISI 2005; Schirrmeister et al. 2003), auf ihre potenziellen arbeitsrelevanten Wirkungen hin diskutiert werden: die Biotechnologie, die Nanotechnologie sowie das Konzept der Ambient Intelligence (AmI). Es wurden hier bewusst drei Schlüsseltechnologien ausgewählt, die auf dem Zeitstrahl der zukünftigen breiten Anwendung in der Industrie unterschiedlich weit fortgeschritten sind.

Biotechnologie

Die moderne Biotechnologie entwickelt technologische und wissenschaftliche Verfahren, um lebende Organismen und ihre Teile für die Herstellung unterschiedlicher Produkte und für Dienstleistungen zu nutzen. Die wichtigsten Anwendungsbereiche sind zurzeit die Pharma- und Chemieindustrie sowie die Lebensmittelherstellung und -verarbeitung. In der Pharmazeutischen Industrie ist schon jetzt festzustellen, dass das chemische Paradigma durch ein biotechnologisches abgelöst wird (Hinze et al. 2001). Für die weitere Zukunft wird von Experten erwartet, dass biotechnologische Prozesse ebenso leistungsfähig und ökonomisch wie die heutigen chemischen Produktionsverfahren werden und daher auch für die Produktion chemischer Grundstoffe weite Anwendung finden werden (Patel et al. 2006). Für die Industriearbeit könnte der wachsende Anteil biotechnologischer Verfahren in der Produktion vor allem eine immer stärkere Wissensintensivierung sowie eine verstärkte Notwendigkeit zum interdisziplinären Arbeiten mit sich bringen (Menrad et al. 2003a). Diese und weitere Zusammenhänge zwischen der Nutzung biotechnologischer Verfahren und der Ausgestaltung der Industriearbeit werden in Kapitel V.1 vertieft analysiert und reflektiert.

Nanotechnologie

Ein Technologiefeld mit großem Zukunftspotenzial und vielfältigen Innovationsmöglichkeiten in zahlreichen Anwendungsfeldern ist die Nanotechnologie. Darunter versteht man Verfahren zur Messung, Manipulation und Organisation von Materie und Partikeln auf molekularer Ebene, die typischerweise kleiner als 100 nm sind. Bei der Nanotechnologie handelt es sich um ein interdisziplinäres Forschungsgebiet, bei dem die Grenzen zwischen

Physik, Chemie, Biologie, Ingenieurwissenschaften und Informatik verschwimmen (z. B. TAB 2003). Konkrete Anwendungen der Nanotechnologie beschränken sich bislang jedoch insbesondere auf die Teilbereiche der Nanooberflächen und -lacke. Über alle Anwendungen hinweg gilt jedoch zum Beispiel, dass der Umgang mit nanoskaligen Strukturen und Partikeln sorgfältig auf gesundheitliche Auswirkungen geprüft werden muss (Luther 2004). Diese und weitere potenzielle Konsequenzen der Nutzung von Nanotechnologien auf die Qualität der industriellen Arbeit werden in Kapitel V.2 eingehend behandelt und diskutiert.

Ambient Intelligence (AmI)

Im Mittelpunkt des auf dem Gebiet der Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK) angesiedelten Zukunftsentwurfes der „intelligenten Umgebungen“ steht die Schaffung quasi autonomer Assistenzsysteme, die sich – weitgehend im Hintergrund und ohne herkömmliche Mensch-Maschine-Schnittstellen agierend – proaktiv auf die Bedürfnisse des Nutzers einstellen und diesen selbsttätig unterstützen. Dazu wird eine umfassende drahtlose Vernetzung von Gegenständen und Umgebungen angestrebt. Im Kontext dieses AmI-Konzepts kommen in der Industrie bislang nur einzelne Basistechnologien wie insbesondere die RFID-Technologie (Radio Frequency Identification) zum Einsatz, mit der sich Objekte drahtlos und ohne Sichtverbindung identifizieren und vernetzen lassen. Die vielfältigen Potenziale dieser Technologie im Sinne der grundlegenden Vision des AmI-Ansatzes werden damit aber nur ansatzweise erfasst (Bullinger 2004). Interessant für die zukünftige Gestalt der Industriearbeit ist in diesem Zusammenhang insbesondere die Einschätzung der möglichen Informatisierungspotenziale und wie dadurch verschiedene Arbeitsebenen betroffen sein können. Diese und weitere potenziell arbeitsrelevante Konsequenzen der Nutzung von AmI-Technologien in der produzierenden Industrie werden in Kapitel V.3 erörtert.

Mit der Auswahl der drei zukünftigen Schlüsseltechnologien ist verbunden, dass die Analysen zu den potenziellen Auswirkungen dieser Technologien auf die zukünftige Gestalt der Industriearbeit nicht auf bereits gesicherten empirischen Erkenntnissen beruhen können. In allen drei Feldern stützen sich die Einschätzungen der zurate gezogenen Studien und Analysen stark auf Experteneinschätzungen bis hin zur „fundierten Spekulation“. Dies betrifft verstärkt die auf dem Zeitstrahl der industriellen Anwendung besonders weit in die Zukunft reichenden Nano- und AmI-Technologien. Dennoch ist es ein Anliegen dieses Berichts, teilweise erstmalig konsequent auf den Aspekt der arbeitsrelevanten Auswirkungen der Nutzung dieser Technologien zu fokussieren und damit einen vorausschauenden Blick auf die potenzielle Gestalt der Industriearbeit der Zukunft zu wagen – auch wenn dann gegebenenfalls viele Einschätzungen und Schlussfolgerungen aufgrund mangelnder empirischer Erkenntnisse und belastbarer Daten eher weich und vorsichtig formuliert werden müssen.

Insgesamt sind die dargestellten Treiber der zukünftigen Veränderung von Industriearbeit in den Bereichen Marktanforderungen, Organisationsformen und neue Technologien sicherlich nicht vollständig. Es kann auch nicht Ziel einer solchen Untersuchung sein, alle potenziell relevanten Treiber eines so umfassenden Feldes wie der Zukunft der Industriearbeit abzudecken und ausreichend gründlich zu beschreiben – dies würde den Rahmen des Berichts sprengen. So fokussiert der Bericht auf die drei „enabling technologies“ Bio-, Nano- und AmI-Technologie, die verschiedenen Zukunftsstudien nach für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der Industrie von besonderer Relevanz sind. Andere Technologiekonzepte, denen ebenfalls großes Potenzial zur Steigerung der industriellen Wettbewerbsfähigkeit zugetraut wird, setzen teilweise auf diesen „enablern“ auf (wie beispielsweise die Digitale Fabrik oder die Adaptive Produktion teilweise auf AmI-Technologie aufsetzen oder intelligente Materialien teilweise auf Nanotechnologie) und blieben als eigenständige Felder im Rahmen dieser Untersuchung außen vor. Auch Veränderungen und Umbrüche von gesellschaftlichen Rahmenbedingungen wie zum Beispiel der demografische Wandel konnten, wie bereits zuvor dargestellt, im Rahmen dieser Analyse nicht mitbetrachtet werden. Der besondere Wert des gewählten Ansatzes liegt dementsprechend in der realisierbaren Eindringtiefe: Die ausgewählten Treiber werden in ihren potenziellen Auswirkungen auf die Industriearbeit detaillierter durchleuchtet, als dies mit einem breiteren Vorgehen möglich gewesen wäre.

3. Vorgehen und Methoden

Zur Generierung dieses Zukunftsreports wurde zunächst auf der Basis einer umfangreichen Literaturanalyse ein „Gesamtüberblick“ erstellt. Dieser lieferte eine breite Palette sozioökonomischer und technischer Entwicklungen, die voraussichtlich die Industriearbeit der Zukunft maßgeblich beeinflussen werden. Aus diesen Ergebnissen konnten grundsätzliche Überlegungen zu wichtigen Beschreibungsdimensionen der Veränderung von Industriearbeit und wesentlichen Treibern ihrer Veränderung abgeleitet werden.

Zur Auswahl der für die Zukunft produzierender Unternehmen relevantesten Veränderungstreiber wurden dann verschiedene Zukunftsstudien herangezogen und analysiert. Zukunftsstudien zielen darauf ab, Aussagen über mögliche zukünftige Entwicklungen zu treffen und stellen damit eine wichtige Quelle für diesen Zukunftsreport dar. Studien, die eher darauf zielen, zukünftige Entwicklungen abzuschätzen als aktuelle Entwicklungen zu beobachten, werden als Technologievorhersage (Forecast) bezeichnet. Delphi-Studien können bei aller Vorsicht zum Teil auch einer solchen „Vorhersage“ auf der Basis von Experteneinschätzungen dienen. Auch Roadmapping-Ansätze sind geeignet, zukünftige Entwicklungen in einem Technologiefeld abzuschätzen und mögliche Entwicklungspfade aufzuzeigen. Als Quelle dieser Art wurde etwa die europäische Delphi-Studie „Manufacturing Visions“ (Fraunhofer ISI 2005), die letzte deutsche Delphi-Studie (Cuhls et al. 1998) sowie die 2001 durch-

geführte siebte japanische Delphi-Studie (NISTEP 2001) herangezogen. Eine nationale und internationale Expertenbefragung, die sich direkt mit dem Arbeiten in der Zukunft auseinandersetzt (Bauer et al. 2001), Trendreports zur Zukunft der Arbeit bzw. zukunftsorientierten Arbeitsgestaltung (z. B. Bosch et al. 2001; Brödner/Knuth 2002; Giarini/Liedtke 1998) sowie Ergebnisse aktueller Roadmaps (z. B. ITRS 2005) wurden ebenfalls ausgewertet.

Technologievorausschau oder „Foresight“ bezeichnet einen sehr viel breiteren Ansatz. Hier geht es darum, gemeinsam mit betroffenen Akteuren Vorstellungen von Zukunftspfaden zu entwickeln, die nicht nur technologische Entwicklungen umfassen, sondern auch gesellschaftliche Vorstellungen integrieren. Gezielt werden nicht nur Experten, sondern ein großer Kreis von betroffenen Akteuren einbezogen. Ein häufig genutztes Instrument ist zum Beispiel die Szenarienbildung. Darunter versteht man die Entwicklung verschiedener denkbarer, in sich konsistenter Zukunftsbilder. Vielfach wird eine Reihe von Instrumenten, wie Delphi-Studien, Befragungen und Workshops, einzeln oder in Kombination miteinander eingesetzt. In der Regel werden Foresight-Aktivitäten von politischen Akteuren initiiert, um strategische Entscheidungen zu unterstützen, aber auch nichtstaatliche Akteure wie etwa Verbände können solche Aktivitäten durchführen. Foresight-Prozesse können sich auf die Gesamtentwicklung einer Region oder eines Landes, aber auch auf einzelne Themenfelder wie etwa „Ambient Intelligence“ (ISTAG/IST Advisory Group 2001) oder „Future of Manufacturing“ (Fraunhofer ISI/IFM 2002) beziehen. Daneben wurden Ergebnisse aktueller Foresight-Studien und Szenarienprojekte (z. B. Karoly/Panis 2004) ausgewertet. Insgesamt war jedoch festzustellen, dass die Frage nach der Gestalt zukünftigen Arbeitens in der Industrie in vielen Zukunftsstudien gar nicht oder nur am Rande behandelt wird.

Schließlich wurden originäre Auswertungen der Datenbasen der paneuropäischen Delphi-Umfrage „Manufacturing Visions“ (ManVis) (Armbruster et al. 2005a) sowie der Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“ des Fraunhofer ISI (Lay/Maloca 2004) zur Einschätzung der Relevanz aktueller Trends sowie zur Analyse der Zusammenhänge zwischen einzelnen Treibern und der Ausgestaltung einzelner Dimensionen der Industriearbeit herangezogen.

Ziel des von der Europäischen Kommission finanzierten Projekts „Manufacturing Visions“ (ManVis) war die Entwicklung innovativer und kreativer Visionen für die europäische Fertigungsindustrie der kommenden Jahrzehnte. Zur Entwicklung der Zukunftsvisionen wurden europaweit in 22 europäischen Ländern (Belgien, Bulgarien, Deutschland, Dänemark, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Italien, Kroatien, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Rumänien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Schweden, Türkei, Ungarn) Workshops mit insgesamt über 300 Produktionsexperten aus Industrie, Forschung und Wissenschaft durchgeführt. Ziel dieser Workshops war es, Thesen zum Produktionssektor zu generieren, die dann in eine breitangelegte Delphibefragung eingingen. Diese Thesen zur Zukunft der Produktion umfassten alle relevanten Bereiche des Fertigungssektors: Fertigungstechnologien, Unternehmensstrategie/-organisation und Management, Produkteigenschaften und Produktkonzepte, Logistik und Supply Chain sowie Arbeitsbedingungen.

In der ersten Runde des Delphis haben 3 121 Produktionsexperten aus Industrie, Forschung und Politik in 22 europäischen Ländern und in der zweiten Runde zu einer reduzierten Thesenbatterie 1 359 Experten teilgenommen. In Deutschland beteiligten sich in der ersten Runde 493 Experten, in der zweiten Runde zu ausgewählten Thesen noch 143 (Tabelle A1 im Anhang). Wurden die Thesen für die zweite Runde ausgewählt, dann sind diese Ergebnisse dargestellt, ansonsten wird auf die Ergebnisse der ersten Runde rekurriert.

Die seit 1993 alle zwei Jahre stattfindende schriftliche Umfrage „Innovationen in der Produktion“ des Fraunhofer ISI zielt darauf ab, die Produktionsstrukturen der Kernbereiche des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschlands hinsichtlich ihrer Modernität und Leistungsfähigkeit systematisch zu beobachten. Die Verbreitung innovativer technisch-organisatorischer Lösungen steht dabei genauso im Zentrum wie Veränderungen von Personal- und Qualifikationsstrukturen und die Entwicklung von Leistungsindikatoren.

Für die hier genutzte Datenbasis der Erhebungsrunde 2003 wurden im September 2003 insgesamt 14 040 Betriebe angeschrieben. Bereinigt man die Stichprobe um 781 Ausfälle (Unternehmen erloschen etc.), so kommt man auf eine Stichprobengröße von 13 259 Betrieben. Hiervon haben 1 450 Betriebe einen verwertbaren Fragebogen zurückgesandt. Daraus ergibt sich eine Rücklaufquote von ca. 11 Prozent.[4] Wie Vergleiche der erreichten Stichprobe mit der Grundgesamtheit zeigten, weicht die Datenbasis der Umfrage hinsichtlich ihrer Branchenverteilung nur unwesentlich von der Grundgesamtheit ab (Tabelle A2 im Anhang). Die Chemische Industrie ist zum Beispiel zu 10 Prozent, Hersteller von Gummi- und Kunststoffwaren sind zu 10 Prozent, Hersteller von Metallerzeugnissen zu 23 Prozent und der Maschinenbau zu 28 Prozent vertreten.

Die Repräsentativitätsanalysen zeigten weiter, dass die Datenbasis neben den großen Betrieben auch die kleinen Betriebe gut repräsentiert. Mit rund 56 Prozent machen die Betriebe mit weniger als 100 Beschäftigten mehr als die Hälfte der realisierten Stichprobe aus. Beim Vergleich der Datenbasis mit der Grundgesamtheit zeigt sich je-

[4] Die Rücklaufquote von ca. 11 Prozent ist im internationalen Vergleich und unter Berücksichtigung der Komplexität des verwendeten, sehr faktenorientierten Fragebogens weder als besonders gut noch bedenklich schlecht, sondern als „normal“ einzustufen. Non-Response-Analysen haben gezeigt, dass aufgrund der Breite der abgefragten Themen keine systematische Verzerrung hin zu Unternehmen, die in einzelnen Feldern besonders gut aufgestellt sind, zu befürchten ist. Die durchgeführten und im Folgenden dargestellten Repräsentativitätsanalysen stützen diesen Befund zusätzlich.

doch, dass trotz dieser starken Repräsentation der kleinen Betriebsgrößen hinsichtlich der Größenverteilung immer noch eine Unterrepräsentation dieser Betriebsgrößenklassen zu konstatieren ist. In der Grundgesamtheit liegt der Anteil der Betriebe mit unter 100 Mitarbeitern bei ca. 72 Prozent (Tabelle A3 im Anhang). Dies ist bei der Interpretation zu berücksichtigen, wenn von der Stichprobe auf die Grundgesamtheit geschlossen wird.

Die Daten der ISI-Umfrage wurden insbesondere genutzt, um vermeintliche Trends der Internationalisierung und Tertiarisierung der Geschäftstätigkeiten (Kap. III) sowie der Marktorientierung und Teamorganisation (Kap. IV) auf ihren tatsächlichen Realisierungsgehalt hin kritisch zu überprüfen und damit auch belastbare Einschätzungen zu ihrer zukünftigen Entwicklung abzuleiten. Zudem ist es mit dieser Datenbasis möglich, die Auswirkungen dieser Treiber auf die Tätigkeitsinhalte der Werker und die Qualifikationsstruktur der Belegschaft belastbar zu analysieren. Für die in Kapitel V untersuchten neuen Technologien war dieses Vorgehen nicht möglich, da diese „emerging technologies“ noch nicht von einer ausreichend großen Zahl von Industrieunternehmen genutzt werden, um statistisch belastbare Analysen durchführen zu können.

III. Zukünftige Marktanforderungen und Industriearbeit

1. Internationalisierung der Industriearbeit

1.1 Begriff und Dimensionen

Unter dem Begriff der Internationalisierung wird in der wirtschaftswissenschaftlichen Fachliteratur allgemein die Zunahme der grenzüberschreitenden ökonomischen Verflechtungen verstanden. Demnach ist Internationalisierung „sowohl ein Zustand als auch ein Prozess der zunehmenden Verflechtung und der daraus resultierenden Abhängigkeiten verschiedener Länder und ihrer Wirtschaftsobjekte, der zwar ökonomisch induziert wird, jedoch das gesamte politische, institutionelle und soziale Gefüge erfasst“ (Riedel 1999, S. 9). Der Begriff der Globalisierung wird manchmal als weitere Steigerung der Internationalisierung in einer weltumspannenden Dimension dargestellt, oftmals werden Globalisierung und Internationalisierung aber auch synonym verwendet. Da manche jüngere Entwicklungen wie beispielsweise die Erweiterung der EU um zehn neue Mitgliedsländer eher internationalen denn globalen Charakter haben, soll im Folgenden durchgehend der Begriff der Internationalisierung verwendet werden.

Insgesamt herrscht Einigkeit darüber, dass es sich bei der Internationalisierung um kein gänzlich neues Phänomen handelt, sondern um die altbekannte Zunahme des internationalen Freihandels und der internationalen Arbeitsteilung. So kommt das HWWA in einem Strukturbericht zur Globalisierung der deutschen Wirtschaft an das Bundesministerium für Wirtschaft zu dem Schluss: „die Globalisierung der Wirtschaft ist keine grundlegend neue Erscheinung, sondern die Fortsetzung von Entwicklungen, die schon lange bestehen… Die Globalisierung der Wirtschaft setzt deutsche und ausländische Standorte stärker in Wettbewerb zueinander …“ (HWWA 1996).

Aus dem dargelegten Verständnis des Begriffs der Internationalisierung ergeben sich zunächst zwei unterschiedliche Betrachtungsdimensionen. Die erste Dimension betrifft die Internationalisierung der Märkte. Dieses Phänomen lässt sich grob anhand der Entwicklung des grenzüberschreitenden Handels, also Exporten und Importen, beschreiben. So hat sich der Weltaußenhandel, gemessen am aggregierten Exportvolumen, von 1950 bis 1990 etwa verzehnfacht, bis zum Jahr 2000 aber schon mehr als verzwanzigfacht (WTO 2001). In den Jahren 2000 bis 2005 hat sich das gesamte Weltexportvolumen weiterhin um jährlich 10 Prozent erhöht (WTO 2005). Die Entwicklung der weltweiten Importe steht in direkter Relation zu den dargestellten Exportentwicklungen und ist vor diesem Hintergrund genauso dynamisch verlaufen. Deutschland ist mit einem Weltexportanteil von 10 Prozent, entsprechend 971 Mrd. US-Dollar, im Jahr 2005 wie hinlänglich bekannt wiederum „Exportweltmeister“ geworden. In Deutschland haben die Exporte von 2000 bis 2005 im Mittel um jährlich 12 Prozent zugelegt. China belegt in der Liste der exportintensivsten Länder mittlerweile bereits Rangplatz 3, mit einem Weltexportanteil von 8 Prozent entsprechend etwa 762 Mrd. US-Dollar. Diesen dritten Platz verdankt China einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum seiner Exporte von 2000 bis 2005 um erstaunliche 25 Prozent. Doch auch andere Länder zeigen sehr dynamische Exportentwicklungen (Tabelle 1). So stiegen die Exportleistungen in den Jahren 2000 bis 2005 in den 10 neuen EU-Mitgliedsländern im Mittel um jährlich 20 Prozent, in Russland um 18 Prozent und in Indien um 16 Prozent.

Der wichtigste volkswirtschaftliche und durch amtliche Statistiken erfasste Indikator zur Messung der Internationalisierung der Produktion sind die ausländischen Direktinvestitionen der Wirtschaft. In einer dynamischen Betrachtung sind dies zunächst die jährlichen Direktinvestitionsflüsse ins Ausland, wie sie für die 10-Jahresspanne von 1994 bis 2003 für einige wichtige Industrieländer in Abbildung 3 dargestellt sind.

Demnach nahmen die jährlichen Direktinvestitionsflüsse ins Ausland, die von deutschen Unternehmen getätigt wurden, von 1994 bis 1999 nahezu stetig zu. Von 1999 bis 2003 sind die deutschen Direktinvestitionen aber ebenso stetig und deutlich wieder zurückgegangen. Ähnliche Verläufe zeigen sich auch in Frankreich und in Großbritannien, wo die jeweiligen Spitzen im Jahr 2000 eintraten und auch deutlich höher waren als die deutschen Direktinvestitionswerte in der Spitze, aber seitdem ebenso kontinuierlich wieder zurückgegangen sind, wenn auch nicht auf ein so tiefes Niveau wie in Deutschland. Auch die USA und Spanien zeigen ähnliche Muster, wenn auch aufgrund der Größe der jeweiligen Volkswirtschaft auf einem anderen absoluten Niveau und jeweils wieder mit einem leichten Anstieg in 2003. Andere Länder, wie insbesondere Japan, teilweise aber auch Italien, zeigen einen relativ kontinuierlichen Verlauf der Höhe der Direktinvestitionen über die betrachteten zehn Jahre.

Tabelle 1

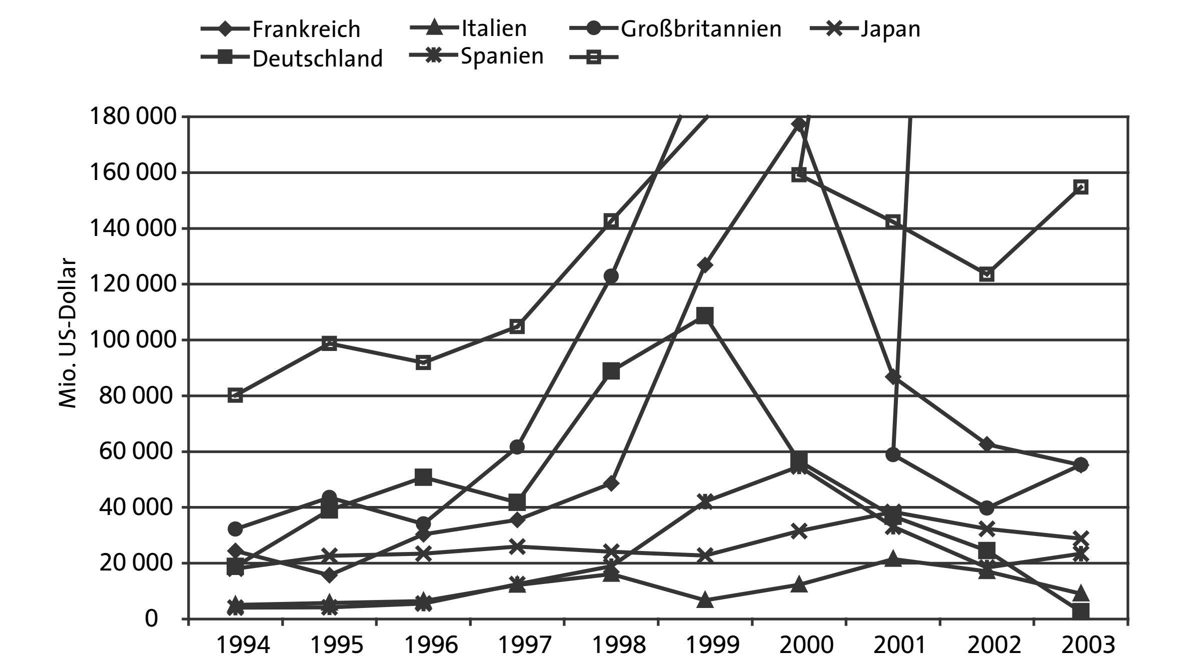
Entwicklung der Weltexporte 2000 bis 2005

	Exporte 2005		
	Wert der Exporte 2005 in Mrd. US-Dollar	**jährliche Veränderung 2000–2005 (in %)**	**Anteil an Weltexporten (in %)**
weltweit	10 121	*10*	*100*
Deutschland	971	*12*	*10*
USA	904	*3*	*9*
China	762	*25*	*8*
Japan	596	*4*	*6*
Frankreich	459	*7*	*5*
Großbritannien	378	*6*	*4*
Italien	367	*9*	*4*
EU-10 (neue Mitgliedstaaten)	309	*20*	*3*
Russische Föderation	245	*18*	*2*
Indien	90	*16*	*1*

Quelle: OECD 2005b; eigene Berechnungen

Abbildung 3

Jährliche Direktinvestitionsströme ausgewählter Länder ins Ausland



Fehlende Werte: USA 1999: 225 Mio. US-Dollar, Großbritannien 1999: 201 Mio. US-Dollar, Großbritannien 2000: 222 Mio. US-Dollar.
Quelle: OECD 2005a; eigene Darstellung

Bei der Interpretation des Rückgangs der deutschen Direktinvestition ins Ausland seit 1999 gilt es zunächst über die Jahre angehäuften Direktinvestitionsbestände im Ausland zu betrachten. Deutschland wies im Jahr 2003 einen Direktinvestitionsbestand von 718 Mrd. US-Dollar im Ausland aus (Tabelle 2). Dies entspricht etwa 30 Prozent des deutschen Bruttoinlandsprodukts im Jahr 2003. In absoluten Zahlen weisen nur die USA (2 063 Mrd. US-Dollar) und Großbritannien (1 236 Mrd. US-Dollar) höhere Direktinvestitionsbestände im Ausland als Deutschland auf, das auf einer Höhe mit Frankreich liegt. Im Verhältnis zum jeweiligen Bruttoinlandsprodukt des jeweiligen Landes weisen insbesondere Großbritannien mit fast 70 Prozent sowie Frankreich mit über 40 Prozent höhere relationale Werte auf als Deutschland. Spanien liegt bei diesem Indikator etwa auf deutschem Niveau (33,5 Prozent), während andere Volkswirtschaften, wie die USA (19 Prozent), Italien (16 Prozent) und insbesondere Japan (8 Prozent), beim Bestandswert ausländischer Direktinvestitionen im Vergleich zum Bruttoinlandsprodukt deutlich hinter Deutschland zurückbleiben.

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch der Blick auf die Direktinvestitionsbestände ausländischer Unternehmen im jeweiligen Land, die als Zeichen für die Investitionsattraktivität der jeweiligen Volkswirtschaft interpretiert werden können. Hier weist Deutschland mit einem inländischen Bestand von etwa 660 Mrd. US-Dollar, entsprechend 28 Prozent des Bruttoinlandsprodukts 2003, nur einen geringfügig geringeren Wert auf als beim Direktinvestitionsbestand im Ausland. Vielfach geäußerte Befürchtung, wonach Investitionen von Unternehmen vor allem aus Deutschland abgezogen und im Ausland getätigt werden, können anhand dieser Zahlen also nicht bestätigt werden. Die inländischen Direktinvestitionsbestände zeigen aber auch, welche Länder in den vergangenen Jahren besonders attraktive Ziele für ausländische Direktinvestitionen waren. Im Vergleich zum Bruttoinlandsprodukt belaufen sich beispielsweise die inländischen Direktinvestitionsbestände in Irland auf 144 Prozent, in Tschechien auf 61 Prozent und in Ungarn auf 58 Prozent. Dies sind gleichzeitig auch die Länder mit den negativsten Salden im Vergleich ausländischer zu inländischen Direktinvestitionen, bezogen auf das jeweilige Bruttoinlandsprodukt des Landes.

Insgesamt liegt Deutschland in der absoluten Höhe sowohl der ausländischen wie auch der inländischen Direktinvestitionsbestände in der Spitzengruppe und in der relativen Höhe, verglichen mit dem Bruttoinlandsprodukt, jeweils im vorderen Mittelfeld. Dies deutet darauf hin, dass die deutsche Industrie bereits frühzeitig Direktinvestitionen im Ausland getätigt und damit ihre Wertschöpfung international ausgerichtet hat. Gleichzeitig war

Tabelle 2

Ausländische Direktinvestitionsbestände ausgewählter Länder 2003

	Direktinvestitionsbestand					
	Inland		Ausland		Saldo (Ausland – Inland)	
	Mrd. US-Dollar	in % GDP	Mrd. US-Dollar	in % GDP	Mrd. US-Dollar	in % GDP
Österreich	60,6	*23,9*	58,7	*23,2*	-1,9	*-0,7*
Tschechische Republik	45,3	*61,1*	2,3	*3,1*	-43,0	*-58,1*
Frankreich	520,2	*29,9*	720,2	*41,4*	200,0	*11,5*
Deutschland	659,5	*27,9*	718,1	*30,4*	58,5	*2,5*
Ungarn	48,3	*57,7*	3,5	*4,2*	-44,8	*-53,5*
Irland	217,2	*144,0*	64,5	*42,7*	-152,7	*-101,3*
Italien	180,9	*12,3*	238,9	*16,3*	58,0	*4,0*
Japan	89,7	*2,1*	335,5	*7,8*	245,8	*5,7*
Polen	55,3	*24,9*	1,9	*0,8*	-53,4	*-24,0*
Spanien	314,5	*37,5*	281,3	*33,5*	-33,2	*-4,0*
Schweden	150,2	*49,7*	179,2	*59,3*	29,0	*9,6*
Großbritannien	609,0	*33,9*	1 235,9	*68,8*	626,9	*34,9*
USA	1 585,9	*14,7*	2 062,6	*19,1*	476,7	*4,4*

Quelle: OECD 2004; eigene Berechnungen

Deutschland auch schon immer ein attraktiver Standort für Direktinvestition ausländischer Unternehmen. Diese Zahlen zeigen, dass die deutsche Wirtschaft nicht nur bei der Internationalisierung ihrer Handelsbeziehung, sondern auch bei der Internationalisierung ihrer Wertschöpfung und damit Produktion traditionell global orientiert ist. Die Direktinvestitionsflüsse zeigen aber auch, dass der Höhepunkt derartiger internationaler Engagements Ende der 1990er Jahre lag und seit dem bis 2003 stetig abgenommen hat.

Auch die dargestellten Direktinvestitionsstatistiken vermögen das Phänomen der Internationalisierung der Produktion nicht ausreichend abzubilden. Zum Ersten sind diese Bilanzen stark von Unternehmenszusammenschlüssen und -übernahmen großer Konzerne mit entsprechenden Finanzströmen überlagert. Zum Zweiten liefern diese Statistiken keine Aussage darüber, wie viele deutsche Unternehmen sich mit ihrer Produktion bereits international aufgestellt haben und ob diese Strategie nicht nur für die großen Unternehmen, die die Direktinvestitionsbilanzen maßgeblich prägen, sondern auch für kleine und mittlere Unternehmen mit ihren anteilsmäßig geringeren Investitionsmitteln eine zunehmend wichtige strategische Option darstellt. Zudem erlauben Direktinvestitionsbilanzen keine Aussage darüber, welche Motive den Aufbau einer Auslandsproduktion von deutschen Unternehmen maßgeblich prägen. Je nach Art und Motiv des Aufbaus der Auslandsproduktion, zum Beispiel ob Erweiterungsinvestitionen in neuen Absatzmärkten getätigt werden oder aber substituierende Produktionsverlagerungen zur Kostenreduktion in Niedriglohnländern vorgenommen werden, sind die Konsequenzen für die inländischen Mitarbeiter und damit für die Ausgestaltung der Industriearbeit unterschiedlich. Zu diesen unterschiedlichen Strategien sollen im Folgenden Ergebnisse aus Zukunftsstudien sowie der repräsentativen Betriebsbefragung „Innovationen in der Produktion“ des Fraunhofer ISI dargestellt werden.

1.2 Auslandsproduktion und Produktionsverlagerungen

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Internationalisierung der Märkte und der Wertschöpfungsprozesse wird die Zukunft des Produktionsstandorts Deutschland nicht selten düster gezeichnet. So kommt der deutsche Industrie- und Handelskammertag (DIKH 2006) in seiner Studie zu dem Schluss, dass deutsche Industrieunternehmen im laufenden Jahr noch kräftiger im Ausland investieren werden als bisher. 41 Prozent der Industrieunternehmen planen in 2006 Auslandsinvestitionen, davon 43 Prozent mit höheren und nur 10 Prozent mit geringeren Volumina als im Vorjahr. Angesichts zunehmender Kostendrücke auf international umkämpften Märkten kommen verschiedene Studien (DIHK 2005 u. 2006; Orglinea 2004; Wildemann 2005) zu dem Ergebnis, dass kostenorientierte Produktionsverlagerungen ins Ausland in den nächsten Jahren weiter an Bedeutung gewinnen werden. Die Prognosen für die in den nächsten Jahren geplanten Verlagerungsabsichten sind aber sehr unterschiedlich: Sie reichen von 16 Prozent der auslandsaktiven Unternehmen in der „näheren Zukunft“ (DIHK 2005, S. 47) bis zu 60 Prozent der Industriebetriebe in den fünf Jahren von 2005 bis 2009 (Wildemann 2005, S. 17). Wird nicht nur die Verlagerung von Produktionstätigkeiten, sondern auch anderer Unternehmensteile betrachtet, kommen einzelne Studien auf Quoten von bis zu 90 Prozent der Unternehmen, die „in den nächsten fünf Jahren planen, Wertschöpfung aus Deutschland zu verlagern“ (Berger 2004, S. 9). Der Deutsche Industrie- und Handelskammertag folgert, dass 39 Prozent der für 2006 geplanten Auslandsinvestitionen auch in Deutschland hätten getätigt werden können, wenn die inländischen Standortbedingungen bei Arbeitskosten, Arbeits- und Tarifrecht, Steuerbelastung und Bürokratie besser wären (DIHK 2006, S. 4). Die sehr hohen Unterschiede bei der ermittelten Quote zukünftiger Verlagerungsabsichten sind dabei zu einem wesentlichen Teil auch darauf zurückzuführen, dass den Studien, die sehr hohe Verlagerungsprognosen ermitteln (z. B. Berger 2004; Wildemann 2005), keine repräsentativen Datenbasen, sondern stark von großen Unternehmen geprägte Stichproben zugrunde liegen.

Andererseits zeigen die Ergebnisse einer europaweit in 22 Ländern unter Beteiligung von mehr als 3 000 Experten durchgeführten Delphi-Studie zur Zukunft der Produktion (Fraunhofer ISI 2005), dass die vollständige Verlagerung der Produktion außerhalb Europas keine wirklich realistische Vision darstellt. Von den 134 deutschen Produktionsexperten, die in der zweiten Delphi-Runde geantwortet haben, wird diese These zwar insgesamt als durchaus wichtig eingeschätzt. Allerdings lehnt mit über 30 Prozent ein außerordentlich hoher Anteil der Experten die These einer vollständigen Verlagerung der Produktion außerhalb Europas ab, während die verbleibenden weniger als 70 Prozent der Experten den Realisierungszeitpunkt, wenn überhaupt, um das Jahr 2015 sehen. Eine ähnlich radikale These zur marktorientierten Produktion, nach der die lokale Produktion in den Absatzmärkten aufgrund der Risiken globaler Distribution weitverbreitet ist, wird von den deutschen Delphi-Experten der zweiten Runde als etwa ebenso wichtig, aber deutlich realistischer (Ablehnungsquote 16 Prozent, Zeitpunkt der Realisierung etwa 2014) eingeschätzt.

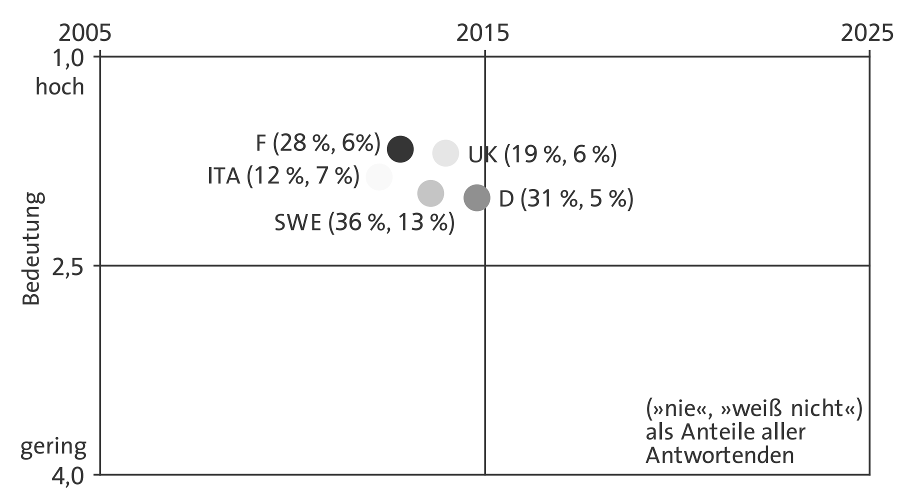
Die Daten erlauben auch einen Vergleich der Einschätzung der deutschen Experten zur Verlagerungsthese mit der Einschätzung von Experten aus anderen führenden europäischen Industrieländern. Demnach schätzen insbesondere französische und italienische Experten diese These als mindestens ebenso bedeutsam und mit tendenziell etwas früheren Realisierungszeiträumen um etwa 2012 ein. Auch der Anteil der Experten, die diese radikale Verlagerungsthese außerhalb Europas ablehnen, ist in Italien mit 12 Prozent und in Großbritannien mit 19 Prozent deutlich geringer. Doch auch in Frankreich und insbesondere in Schweden wird die These sehr häufig abgelehnt (Abbildung 4).

Insgesamt verfestigt sich das Bild, wonach das Szenario einer vollständigen Verlagerung der Produktion aus

Abbildung 4



Zukunftseinschätzung zur „Vollständigen Verlagerung der Produktion außerhalb Europas“



Quelle: Fraunhofer ISI 2005

Europa heraus insbesondere von deutschen Produktionsexperten als nicht realistisch, wenn aber, dann aufgrund der weitreichenden Konsequenzen als sehr bedeutsam eingeschätzt wird. Vor dem Hintergrund dieser unterschiedlichen Ergebnisse zur Zukunft der Produktion an industriellen Hochlohnstandorten wie Deutschland ist es angezeigt, den realen Stand der Auslandsproduktion sowie der in den letzten Jahren getätigten Produktionsverlagerungen ins Ausland anhand repräsentativer Daten für das Verarbeitende Gewerbe nachzuzeichnen. Diese im Folgenden dargestellten Daten sollen helfen, den Trend zur Internationalisierung sowie zur Auslagerung von Produktion realistisch zu beurteilen und auf dieser Basis zu belastbaren Einschätzungen zu kommen, was dies für die Industriearbeit in Deutschland in den nächsten zehn Jahren bedeuten könnte.

1.3 Häufigkeit und Motive der Auslandsproduktion

1.3.1 Häufigkeit von Auslandsproduktion, Produktions- und Rückverlagerungen

Als Datenbasis zur Einschätzung, wie viele und welche Betriebe des deutschen Verarbeitenden Gewerbes bereits einen Auslandsproduktionsbestand im Ausland aufgebaut haben, eignet sich die Erhebung „Innovationen in der Produktion 2001“ des Fraunhofer ISI (Lay et al. 2002), die eine repräsentative Stichprobe von 1 630 Betrieben aus den Kernbranchen des deutschen Verarbeitenden Gewerbes (Metall- und Elektroindustrie, Chemische und Kunststoffverarbeitende Industrie) darstellt. Der Aufbau einer Auslandsproduktion kann sowohl eine Erweiterungsinvestition des jeweiligen Betriebes durch zusätzliche ausländische Produktionskapazitäten als auch eine Substituierung inländischer Wertschöpfung im Sinne einer Produktionsverlagerung darstellen.

Wie die Analysen zeigen, hatte ein Drittel aller befragten Betriebe bis zum Jahr 2001 zumindest einen ausländischen Produktionsstandort aufgebaut (Tabelle 3). Zwei Drittel der Firmen produzieren ausschließlich in Deutschland und setzen, wenn sie mit ihren Produkten ausländische Märkte bedienen, auf ein reines Exportmodell (Kinkel et al. 2002). Erwartungsgemäß handelt es sich bei dem Drittel der Betriebe, das bereits Produktionsstandbeine im Ausland aufgebaut hat, zum größten Teil um Großunternehmen, partiell auch um Mittelständler: Die Quote der im Ausland produzierenden Betriebe reicht von 16 Prozent bei den kleinen über 46 Prozent bei den mittleren bis hin zu 85 Prozent bei den großen Betrieben. Der typisch deutsche Mittelstand war demnach 2001 bereits etwa zur Hälfte auch mit eigenen Produktionskapazitäten im Ausland präsent, während bei kleinen Betriebe mit weniger als 100 Beschäftigten bis dahin nur etwa jeder sechste diese Option ergriffen und umgesetzt hatte.

Von besonderer Bedeutung für die Ausgestaltung der Arbeitsverhältnisse in deutschen Industriebetrieben sind Produktionsverlagerungen, da in diesem Falle keine Zusatz- oder Erweiterungsinvestitionen im Zielmarkt vorgenommen werden – wie es beim Aufbau einer Auslandsproduktion im Allgemeinen durchaus der Fall sein kann –, sondern immer inländische Wertschöpfung substituiert wird (z. B. DIHK 2003; Kinkel et al. 2004; Wildemann 2005). Dies betrifft aber üblicherweise nicht alle Arbeitsplätze und Qualifikationen in gleichem Maße, wie im weiteren Verlauf zu zeigen sein wird.

Als Datenbasis zur Einschätzung, wie viele und welche Betriebe des deutschen Verarbeitenden Gewerbes Produktionsverlagerungen ins Ausland oder Rückverla-

Tabelle 3

Häufigkeit und Motive von Auslandsproduktion, Verlagerungen und Rückverlagerungen

Häufigkeit, Zielregionen, Motive	**Auslandsproduktions-bestand 2001 (n = 519)**	**Produktions-verlagerungen 2002–2003 (n = 394)**	**Rückverlagerungen 2002–2003 (n = 72)**
Häufigkeit aller Betriebe	*33 %*	*25 %*	*4 %*
Betriebe < 100 Beschäftigte	*16 %*	*16 %*	*2 %*
100 bis 499 Beschäftigte	*46 %*	*39 %*	*9 %*
500 und mehr Beschäftigte	*85 %*	*59 %*	*17 %*
Zielregionen	1. Westeuropa (50 %) 2. Osteuropa (46 %) 3. Nordamerika (44 %) 4. Asien (34 %) 5. Südamerika (18 %)	1. EU-10 (45 %) 2. Asien (29 %) 3. Westeuropa (28 %) 4. Osteur./GUS (28 %) 5. Nordamerika (13 %) 6. Südamerika (4 %)	1. Westeuropa (60 %) 2. EU-10 (19 %) 3. Nordamerika (18 %) 4. Asien (12 %) 5. Osteur./GUS (7 %) 6. Südamerika (3 %)
Motive (Top 6)	1. Kosten (65 %) 2. Markt (60 %) 3. Kundennähe (34 %) 4. Steuern, Abgaben, Subventionen (21 %) 5. Verfügbarkeit von qual. Personal (17 %) 6. Koordinationskosten (16 %)	1. Kosten (87 %) 2. Markt (41 %) 3. Lieferfähigkeit (35 %) 4. Kapazitätsengpässe (28 %) 5. Steuern, Abgaben, Subventionen (27 %) 6. Nähe zu Großkunden (23 %)	1. Kosten (52 %) 2. Qualität (43 %) 3. Lieferfähigkeit (38 %) 4. Koord.-kosten (37 %) 5. Verfügbarkeit von qual. Personal (33 %) 6. Infrastruktur (26 %)

Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebungen „Innovationen in der Produktion 2001 und 2003“; eigene Darstellung

gerungen von dort durchgeführt haben, eignet sich die Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“ des Fraunhofer ISI, die eine repräsentative Stichprobe von 1 450 Betrieben aus den Kernbranchen des deutschen Verarbeitenden Gewerbes (Metall- und Elektroindustrie, Chemische und Kunststoffverarbeitende Industrie) darstellt (Tabelle A2 u. A3 im Anhang). Wie die Analysen zeigen, hat im Zeitraum 2002 bis 2003 hochgerechnet auf die Grundgesamtheit etwa ein Viertel aller Betriebe Teile der Produktion ins Ausland verlagert (Tabelle 3). Dieser Wert stellt gegenüber dem 3-Jahreszeitraum zuvor (2000 bis 2001) einen Anstieg dar (Kinkel et al. 2004). Die nur für die Metall- und Elektroindustrie verfügbare, weiter zurückreichende Zeitreihe (Abbildung 5) macht deutlich, dass nach einem Aufwuchs der Verlagererquoten von 1995 bis 1999 auf 27 Prozent 2001 erstmals ein Rückgang zu verzeichnen war (Kinkel/Lay 2004a).

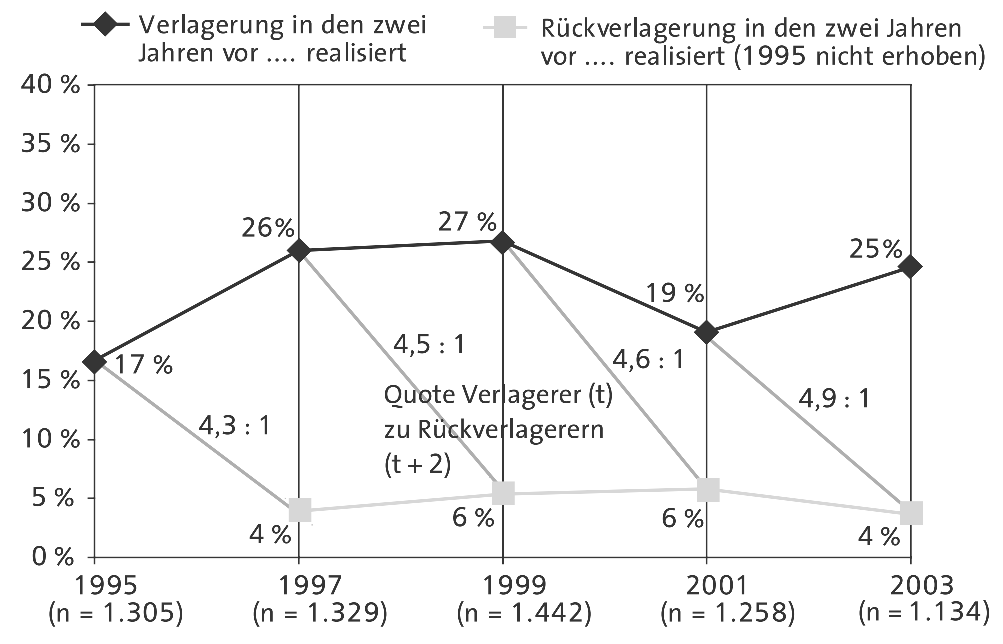
Dieses Nachlassen der Verlagerungsneigung war jedoch keine stabile Trendumkehr. Der für 2003 ermittelte Wert entspricht wieder nahezu dem hohen Verlagerungsniveau von 1999. Die Erweiterung der EU um zehn neue Mitgliedsländer hat demnach Verlagerungsaktivitäten bereits in den Jahren 2002 und 2003, also im Vorfeld des 1. Mai 2004, eine zusätzliche Dynamik verliehen, wie die Analyse der Zielregionen von Produktionsverlagerungen zeigen wird.

Neben dem ins Ausland gerichteten Verlagerungstrend erlauben die Daten auch eine Quantifizierung der Rückverlagerung von Produktionskapazitäten nach Deutschland. Demnach haben hochgerechnet 4,4 Prozent aller Firmen von 2002 bis 2003 Teile ihrer Produktion aus dem Ausland wieder nach Deutschland zurückgeholt (Tabelle 3). Wie sich weiter zeigt, folgen Produktionsrückverlagerungen um zwei Jahre zeitversetzt dem Verlagerungstrend (Abbildung 5). Daraus wird folgendes Muster ersichtlich: Auf jeden vierten bis fünften Verlagerer kommt zwei Jahre später ein Rückverlagerer von Teilen der Produktion! Produktionsverlagerungen sind demnach keine Einbahnstraße ins Ausland. Rückverlagerungen von vormals ausgelagerten Produktionskapazitäten stellen keine Ausnahmefälle dar, sondern sind ein quantifizierbares und durchaus nichtunbedeutendes Phänomen.

Der europäische Vergleich auf Basis der Daten des European Manufacturing Survey (EMS) bei 2 249 Betrieben

Abbildung 5

Entwicklung der Verlagerer- und Rückverlagererquote in der Metall- und Elektroindustrie im Zeitverlauf



Quelle: in Anlehnung an Kinkel/Lay 2004a

aus neun ausgewählten europäischen Ländern[5] zeigt, dass die Verlagerung von Teilen der Produktion eine wichtige Strategie in allen untersuchten Industrieländern ist (Dachs et al. 2006). Allerdings finden sich beträchtliche Unterschiede in der Verlagerungshäufigkeit (Abbildung 6). Deutschland liegt dabei mit 29 Prozent Produktionsverlagerern gerade einmal im Mittelfeld des europäischen Vergleichs.[6] Entgegen der öffentlichen Wahrnehmung und oftmals sehr emotional geführten Diskussion sind Produktionsverlagerungen ins Ausland kein Phänomen, das gerade von der deutschen Wirtschaft überdurchschnittlich häufig vollzogen wird.

Dass Produktionsverlagerungen auch in den anderen europäischen Ländern keine Einbahnstraße ins Ausland sind, zeigen die Quoten der Betriebe, die in den Jahren 2002 und 2003 vormals ausgelagerte Teile der Produktion wieder an den heimischen Produktionsstandort zurückverlagert haben. Der Anteil der Rückverlagerer je Land variiert ebenso wie der Verlagereranteil sehr stark und reicht von 0 Prozent im Falle von Kroatien bis zu 20 Prozent aller Betriebe Großbritannien (Abbildung 6). Setzt man diese Quote ins Verhältnis zu den Verlagereranteilen, so reicht dieses von einem Rückverlagerer je sechs Verlagerer im Falle Italiens bis zu einem Rückverlagerer je zwei Verlagerer im Falle von Großbritannien.

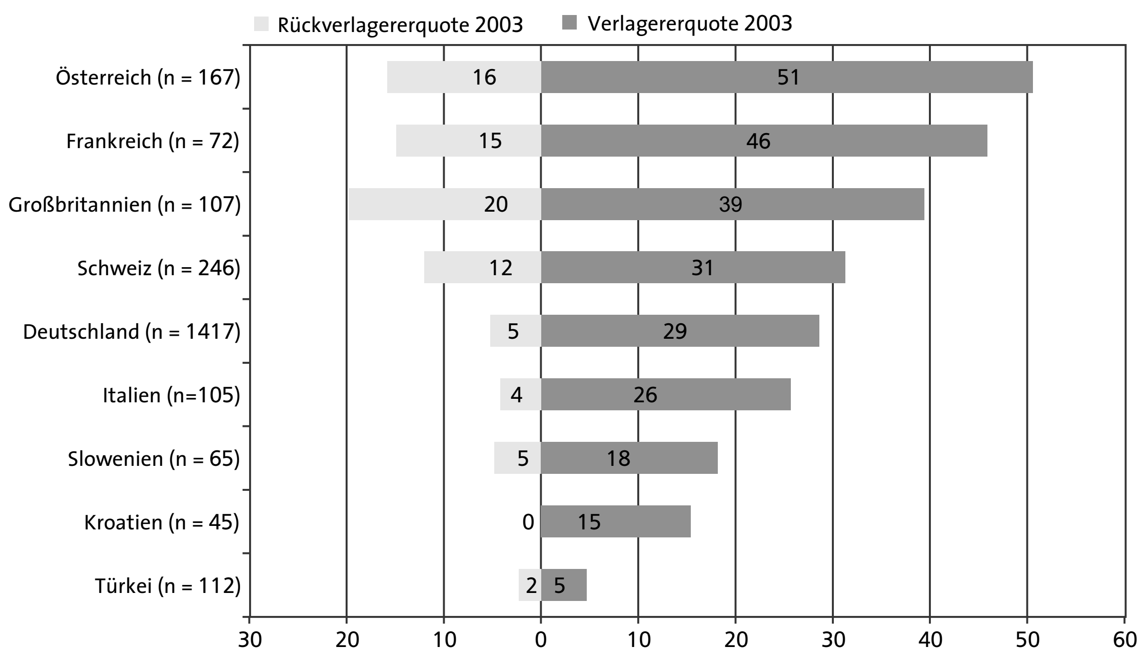
---

[5] Die Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“ des Fraunhofer ISI bei 1 450 Betrieben des deutschen Verarbeitenden Gewerbes, aus der sich die deutschen Auswertungen speisen, ist Teil dieses europäischen Datensatzes.

[6] Der Unterschied zu der zuvor dargestellten Quote von 25 Prozent Verlagerern erklärt sich daraus, dass dort die Daten auf die deutsche Grundgesamtheit hochgerechnet wurden, was beim europäischen Vergleich nicht sinnvoll ist. Die Aussagen sind aber in den Tendenzen, ob gewichtet oder nicht, absolut stabil.

Abbildung 6





Quelle: Dachs et al. 2006; eigene Berechnungen

Ziel- und Herkunftsregionen von Auslandsproduktion, Produktions- und Rückverlagerungen

Geht man der Frage nach, wo sich die deutschen Firmen mit einer Auslandsproduktion regional angesiedelt haben, so zeigt sich: Westeuropa erfuhr als Standort für eine Auslandsproduktion, gemessen am Auslandsproduktionsbestand 2001, noch knapp die höchste Wertschätzung (Tabelle 3). Die Hälfte der deutschen Betriebe mit ausländischen Produktionsstätten (Mehrfachnennungen) hat sich (auch) hier angesiedelt. Osteuropa sowie Mittel- und Nordamerika lagen in der Bedeutung jedoch nur knapp zurück. Jeweils etwa 45 Prozent der befragten Firmen mit ausländischer Produktion haben sich für diese Regionen entschieden. In Asien hat sich ein Drittel der Firmen mit Produktionsniederlassungen engagiert. Demgegenüber spielt Südamerika als Produktionsstandort eher eine untergeordnete Rolle. Hier haben bislang nur 18 Prozent der im Ausland präsenten Betriebe den Aufbau eines Produktionsstandorts gewagt.

Bevorzugte Zielregionen von Produktionsverlagerungen waren die zehn neuen EU-Mitgliedsländer (Kinkel et al. 2004). In diesen im Jahre 2004 neu zur EU gestoßenen Ländern engagierten sich ca. 45 Prozent aller verlagernden Firmen bereits in den Jahren 2002 oder 2003 (Tabelle 3). Diese „Sonderkonjunktur“ der EU-Erweiterung erklärt einen wesentlichen Anteil der zusätzlichen Verlagerungsdynamik im Vergleich zum Zeitraum 2000/2001. An zweiter Stelle der Zielregionen für Produktionsverlagerungen stand der asiatische Raum. Knapp 30 Prozent der Firmen mit Produktionsverlagerungen ins Ausland wählte Asien als Verlagerungsziel. Westeuropa war knapp hinter Asien die dritthäufigste Zielregion für Auslandsverlagerungen, während der Auslandsproduktionsbestand dort noch bis 2001 am höchsten war (Tabelle 3). Auf Rang 4 in der Standortpräferenz der verlagernden Firmen folgten osteuropäische Länder außerhalb der EU-Beitrittsländer mit knapp einem Fünftel der Umsiedlungen. Nord- und mittelamerikanische Standorte, insbesondere jedoch Standorte im südamerikanischen Raum, folgten mit 13 bzw. 4 Prozent Nennungen deutlich dahinter.

Bei der Analyse der Herkunftsregionen von Rückverlagerungen deutscher Betriebe fällt auf, dass ca. 60 Prozent der rückverlagernden Firmen Produktion aus westeuropäischen Standorten abgezogen haben (Tabelle 3). Die EU-Beitrittsländer sowie die nord- und mittelamerikanischen Staaten folgen mit 19 bzw. 18 Prozent der Nennungen auf Rangplatz 2 und 3. Asien, Osteuropa und Südamerika sind als Herkunftsregionen für Rückverlagerungen eher nachrangig. In der Gesamtschau von Ziel- und Herkunftsregionen scheint Westeuropa als Alternativstandort für inländische Produktion an Attraktivität verloren zu haben. Die EU-Beitrittsländer wie auch Asien üben dagegen zunehmend eine hohe Anziehungskraft aus.

Motive für den Aufbau ausländischer Produktionsstandorte, Produktions- und Rückverlagerungen

Für die (zukünftigen) Auswirkungen auf die Industriearbeit kann es von entscheidender Bedeutung sein, aus

welcher Motivation und Strategie heraus eine Auslandsproduktion aufgebaut wird, Produktionsverlagerungen vorgenommen werden oder wieder zurückgenommen werden müssen (von Behr/Semlinger 2004; Schulte 2002). Geht man daraufhin vertieft der Frage nach, welche Motive für den Aufbau einer Auslandsproduktion (inklusive Erweiterungsinvestitionen) deutscher Betriebe maßgeblich waren, so ergibt sich auf der Basis der Nennung von maximal drei Hauptfaktoren folgendes Bild (Tabelle 3): Die für den Produktionsstandort Deutschland im Vergleich zum Ausland höheren Kosten der Produktionsfaktoren werden von 65 Prozent der Betriebe mit Auslandsproduktion als Grund angeführt, eine Auslandsproduktion aufgebaut zu haben. Mit knappem Abstand folgt die Markterschließung als Grund für den Aufbau eines Produktionsstandortes im Ausland (60 Prozent). Das drittwichtigste Motiv, einen Produktionsstandort im Ausland einzurichten, ist der von im Ausland präsenten Schlüsselkunden ausgeübte Druck, in ihrer unmittelbaren Nähe zu fertigen („following customer“). Immerhin 34 Prozent der Betriebe gaben an, dass dieser Grund für sie wesentlich war. Insgesamt nennen nur 7 Prozent aller Betriebe keines dieser drei Hauptmotive als wesentliches Motiv für den Aufbau ihrer Produktionsstätten im Ausland.

Entgegen einer verbreiteten Meinung zählen Steuern, Abgaben und Subventionen, die von 21 Prozent der Auslandsproduzenten genannt wurden, nicht zu den wichtigsten Beweggründen für die Auslandsansiedlung der Produktion. Bemerkenswert ist auch der geringe Anteil von Firmen, der die Technologieerschließung als treibend für die Auslandsproduktion erachtet (8 Prozent). Dieses Motiv veranlasst offensichtlich nur stark innovationsorientierte Betriebe, neben FuE- auch Produktionskapazitäten im Ausland aufzubauen. Daneben sei noch auf die sehr geringe Quote von Firmen verwiesen, die als Ursache für ihr Auslandsengagement in der Produktion den Währungsausgleich (6 Prozent) angibt. Dieses Motiv wurde bisher vielfach als wesentlich für die Streuung der Produktion über mehrere Regionen kolportiert.

Im Gegensatz zur etwa gleichen Bedeutung von Kosten- und Marktmotiven für den Aufbau einer Auslandsinvestition (inklusive Erweiterungsinvestitionen) sind die Kosten der Produktionsfaktoren das dominierende Motiv für Produktionsverlagerungen (Kinkel et al. 2004). In über 85 Prozent der deutschen Verlagerungsfälle waren die Faktorkosten zumindest mit ursächlich (Mehrfachnennungen) für die in den Jahren 2002 und 2003 vollzogenen Verlagerungen (Tabelle 3). Auf Rang 2 folgt mit etwa 40 Prozent der Versuch, über die Verlagerung neue Märkte zu erschließen. Hier sollen durch Produktion im Absatzgebiet Kundenkreise erreicht werden, die über einen alleinigen Export von Deutschland aus nicht zu gewinnen sind. Dieses Motiv hat in den letzten Jahren für Produktionsverlagerungen stark an Bedeutung gewonnen (Kinkel/Lay 2004a). Engverknüpft mit diesem gestiegenen Stellenwert des Marktmotivs ist auch die hohe Bedeutung von Flexibilität und Lieferfähigkeit zu sehen, die in ca. einem Drittel der Fälle mit ursächlich für die Umschichtung von Produktion ins Ausland war. In mehr als einem Viertel der Verlagerungsfälle konnten ausländische Produktionskapazitäten zur Kompensation inländischer Produktionsengpässe herangezogen werden. Steuern und Abgaben waren in einem Viertel der Fälle ein Grund, Produktion ins Ausland zu verlagern. Dieses Motiv hat damit auch für Verlagerungen nicht den hohen Stellenwert, der vielfach unterstellt wird. Ein weiteres, eigenständig wichtiges Verlagerungsmotiv ist der Wunsch von Großkunden, räumlich in ihrer Nähe zu produzieren. Etwa 25 Prozent der verlagernden Firmen nannte diesen Grund.

Bei den Motiven für Rückverlagerungen vormals ausgelagerter Produktionskapazitäten an den deutschen Betrieb sind etwas überraschend die Faktorkosten mit 52 Prozent am häufigsten genannt (Tabelle 3). Hier scheinen die Unternehmen die Entwicklungs- bzw. Anpassungstendenzen dieser Kostengrößen im Zeitverlauf nicht immer ausreichend in ihre Kalkulation mit einzubeziehen (Kinkel 2004). Der mit 43 Prozent zweitbedeutsamste Rückverlagerungsgrund sind Qualitätsprobleme. Einbußen bei Flexibilität und Lieferfähigkeit sind mit 38 Prozent der drittwichtigste Grund für Rückverlagerungen, haben aber über die Jahre an Bedeutung verloren. Zunehmend wichtiger für Rückverlagerungen scheint der Gesichtspunkt der unerwartet hohen Koordinations- und Kommunikationskosten (37 Prozent) zu werden. Dieser Befund deckt sich mit qualitativen Fallstudien, wonach die Betreuungskosten zur Unterstützung des ausländischen Standortes vom Heimatstandort aus („Overheads“) häufig nicht ausreichend kalkuliert werden (Kinkel 2004). In einem Drittel der Rückverlagerungen wird die Nichtverfügbarkeit qualifizierten Personals am Auslandsstandort als Ursache der Rückverlagerung benannt. Diese Begründung ist in Zusammenhang mit dem hohen Stellenwert von Qualitätsproblemen für Rückverlagerungen zu sehen und unterstreicht, dass das an deutschen Standorten verfügbare Potenzial qualifizierter Arbeitskräfte bei Auslandsverlagerungen zumindest in Teilen unterschätzt wird. Eine bessere Infrastruktur an der inländischen Produktionsumgebung war schließlich für mehr als ein Viertel der Rückverlagerungsfälle mit ausschlaggebend.

Insgesamt sind sowohl die Auslandsproduktion als auch Produktions- und Rückverlagerungen sehr komplexe Themen, denen man mit eindimensionalen Erklärungsansätzen nicht gerecht wird. Auch Verlagerungen sind nicht, wie in der öffentlichen Diskussion oftmals unterstellt wird, immer nur rein kosten- und effizienzorientierte Maßnahmen. Deutsche Betriebe legen ihren Verlagerungsentscheidungen zunehmend einen multifaktorellen Motivmix zugrunde, der auch Faktoren wie Markterschließung, Kundennähe oder Sicherstellung der Lieferfähigkeit vor Ort beinhaltet. Diese Strategien sind, wie vertiefende Analysen gezeigt haben (Kinkel et al. 2004; Kinkel/Lay 2004b; Kinkel/Wengel 1998), auch die nachhaltigeren: Sie sind wirtschaftlich erfolgreicher und führen im Gegensatz zu rein kostengetriebenen Verlagerungen auch nicht unmittelbar zu einem Arbeitsplatzabbau am Heimatstandort. Dies gilt es bei den weiteren Analysen der möglichen Auswirkungen von Auslandsproduktion und Produktionsverlagerungen auf die zukünftige Arbeitssituation in deutschen Industriebetrieben zu berücksichtigen.

1.4 Auslandsproduktion nach Branchen und Betriebscharakteristika

Im Hinblick auf die im weiteren Verlauf noch genauer zu spezifizierenden Auswirkungen der Internationalisierung der Produktion auf die Arbeitsanforderungen in den betroffenen Industriebetrieben ist es wichtig einschätzen zu können, welche Betriebe und welche Branchen bei Auslandsproduktion und Produktionsverlagerungen besonders aktiv sind.

Zur Bestimmung der typischen Firmencharakteristika, die Verlagerer von Teilen der Produktion von Betrieben unterscheiden, die im Beobachtungszeitraum 2002 bis 2003 nicht ausgelagert haben, wurde eine multivariate Probitanalyse auf Basis der Antworten der deutschen, schweizerischen und österreichischen Betriebe gerechnet (Tabelle 4; nach Dachs et al. 2006). Die Analyse zeigt erwartungsgemäß, dass einer der stärksten Einflussfaktoren auf die Wahrscheinlichkeit eines Betriebes, Produktion auszulagern, seine Größe (in der Analyse logarithmiert) ist. Größere Betriebe verfügen über einfacher teilbare Produktionskapazitäten sowie über größere Erfahrungen und Personalressourcen für den Aufbau ausländischer Produktionsstätten als kleine und mittlere Unternehmen (KMU). Ebenso bedeutend für die Verlagerungswahrscheinlichkeit eines Betriebes ist der Anteil seiner Produkte, die er bereits seit mehr als zehn Jahren in seinem Programm hat. Produkte, die bereits so lange am Markt angeboten werden, scheinen einem besonderen Kostendruck ausgesetzt zu sein, der die Realisierung zusätzlicher Kosteneinsparpotenziale durch Produktionsverlagerung induziert. Die Fähigkeit, neue Produkte einzuführen, gemessen am Umsatzanteil von Produkten, die jünger als drei Jahre sind, zeigt dagegen keinen signi-

Tabelle 4

Probitregression der Firmencharakteristika verlagernder Betriebe

Variable	marginale ffekte	Zufallswahrscheinlichkeit	Signifikanz
Anzahl Beschäftigte (logarithmiert)	0,108	0,000	***
Arbeitsintensität: Personalkostenanteil	-0,003	0,002	***
Umsatzanteil mit Produkten jünger 3 Jahre	0,026	0,291	
Umsatzanteil mit Produkten älter 10 Jahre	0,102	0,000	***
Endmontage nach Kundenauftrag, Vorfertigung lagerorientiert	0,040	0,187	
Fertigung auf Lager	0,070	0,105	
Einzel- oder Kleinserienfertigung	-0,038	0,215	
Großserienfertigung	-0,002	0,957	
mehrteilige Erzeugnisse einfacher Struktur	0,066	0,058	*
mehrteilige Erzeugnisse komplexer Struktur	0,027	0,504	
komplexe Anlagen	0,013	0,771	
Chemische Industrie	-0,091	0,065	*
Hersteller von Metallerzeugnissen	-0,049	0,256	
Maschinen- und Anlagenbau	0,053	0,285	
Elektroindustrie	0,079	0,178	
Präzisionstechnik: Medizin-, Mess-, Regelungs-, Steuerungstechnik, Optik	0,072	0,245	
andere Branchen	0,085	0,161	
Schweiz	0,057	0,129	
Österreich	0,171	0,000	***

Signifikanzniveaus: *** 1 Prozent, ** 5 Prozent, * 10 Prozent;
Quelle: nach Dachs et al. 2006

fikanten Einfluss auf die Neigung, Produktionsaktivitäten zu verlagern.

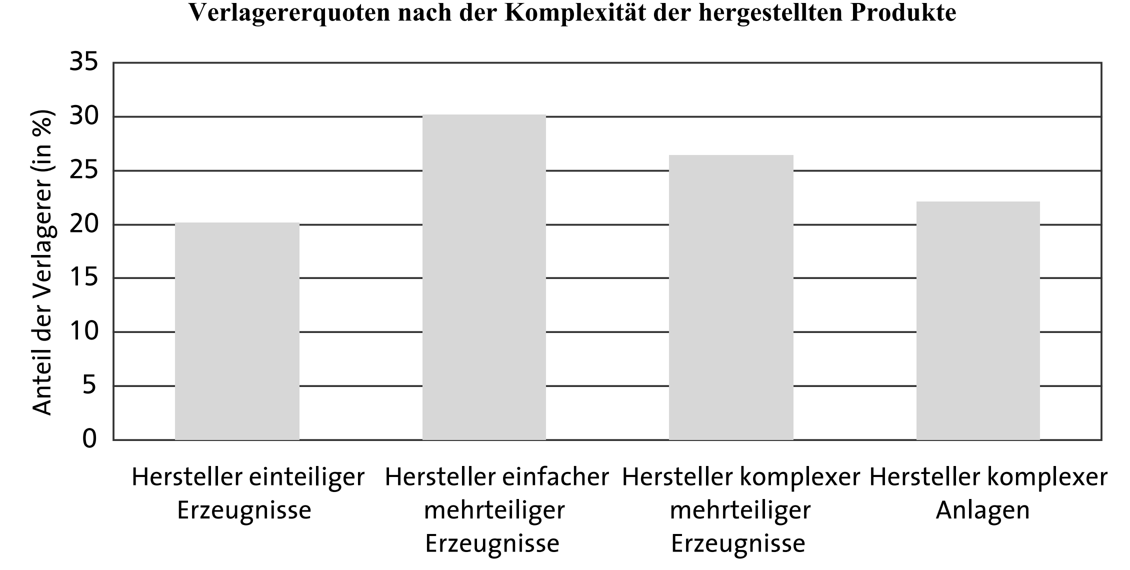
Des Weiteren kommt der Arbeitsintensität der Produktionsprozesse, gemessen am Anteil der Personalkosten am Umsatz, eine signifikante Bedeutung für die Wahrscheinlichkeit von Produktionsverlagerungen ins Ausland zu. Allerdings ist ihr Einfluss überraschenderweise umgekehrt proportional, sodass eine niedrigere Arbeitsintensität mit einer höheren Bereitschaft einhergeht, Teile der Produktion auszulagern. Dieser Zusammenhang könnte auf Grenzen für Einsparungspotenziale durch Modernisierung und Automatisierung (also einer Erhöhung der Arbeitsproduktivität) der betreffenden Produktionsprozesse im Inland hindeuten, insbesondere wenn es sich um sehr reife Produkte und Prozesse handelt (siehe auch Anteil alter Produkte am Umsatz). Die Betriebe scheinen dann darauf zu bauen, diese Rationalisierungslimitierungen durch Verlagerungen überwinden zu können.

Auch die Eigenschaften des Hauptprodukts haben für die Auslagerungsentscheidung einen Einfluss. Zwar findet sich weder für den Grad, in dem die Unternehmen nach Kundenauftrag oder auf Lager produzieren, noch für die Seriengröße ein signifikanter Zusammenhang mit der Entscheidung, Teile der Produktion auszulagern. Allerdings zeigen Erzeuger mehrteiliger Erzeugnisse mit einfacher Struktur (z. B. Pumpen, Getriebe) eine signifikant höhere Neigung zur Auslandsproduktion. Zwischen Auslagerung und Produktkomplexität existiert, wie von Kinkel/Lay (2004a, S. 5) für deutsche Betriebe gezeigt werden konnte, ein umgekehrt U-förmiger Zusammenhang (Abbildung 7). Sowohl die Produktion einfacher Produkte als auch die von sehr komplexen Produkten und Anlagen sind in geringerem Maße für Auslagerungen geeignet; erstere können hochautomatisiert und standardisiert im Inland hergestellt werden, und bei Kapitalkosten haben ausländische Standorte keine Kostenvorteile. Hochkomplexe Produkte und Anlagen wiederum benötigen für ihre Produktion sehr gut qualifizierte Mitarbeiter und auch verschiedene Dienstleistungsinputs, die am heimischen Standort besser als im Ausland eingeschätzt werden. Mehrteilige Erzeugnisse, die in ihrer Produktkomplexität zwischen diesen beiden Gruppen eingeordnet werden können, sind am stärksten von Auslagerungen betroffen.

Die Bereitschaft, Produktion an ausländische Standorte zu verlagern, ist auch von der Branche abhängig. In der Chemischen Industrie sehen wir eine signifikant niedrigere Neigung zur Auslagerung als in der Referenzbranche, der Kunststoffverarbeitung. Gerade in der Chemischen Industrie sind Herstellungsverfahren vielfach sehr kapitalintensiv und automatisiert auslegbar, sodass insbesondere effizienzorientierte Verlagerungen dort eine geringere Rolle spielen. Diese Zurückhaltung der Chemischen Industrie spiegelt sich in einem unterdurchschnittlichen Anteil von 22 Prozent der Betriebe, die 2002 oder 2003 Teile ihrer Produktion ins Ausland verlagert haben, wider (Tabelle 5). Noch zurückhaltender agierten die Hersteller von Metallerzeugnissen mit einer mittleren Verlagerungsneigung von 16 Prozent. Besonders ausgeprägt war die Verlagerungsneigung dagegen bei den Herstellern von Büromaschinen, DV-Geräten, Elektrotechnik, Elektrizitätserzeugung, etc. (NACE 30 bis 32) sowie im Fahrzeugbau (NACE 34 und 35) mit jeweils etwas mehr als einem Drittel verlagernder Betriebe.

Abbildung 7

Verlagererquoten nach der Komplexität der hergestellten Produkte



Quelle: Kinkel/Lay 2004a

Tabelle 5

Auslandsproduktion, Verlagerungen und Rückverlagerungen nach Branchen und Betriebscharakteristika

Betriebscharakteristika und Branchen	**Auslands-produktions-bestand 2001 (n = 519)**	**Produktions-verlagerungen 2002 bis 2003 (n = 394)**	**Rück-verlagerungen 2002 bis 2003 (n = 72)**
Häufigkeit aller Betriebe	*33 %*	*25 %*	*4 %*
Fahrzeugbau (NACE 34, 35)	*62 %* (Rang 1)	*34 %* (Rang 2)	*9 %* (Rang 1)
Chemische Industrie (NACE 24)	*45 %* (Rang 2)	*22 %* (Rang 6)	*8 %* (Rang 2)
Herst. v. Büromaschinen, DV-Geräten, Elektrotechnik, Elektrizitätserzeugung, etc. (NACE 30–32)	*37 %* (Rang 3)	*35 %* (Rang 1)	*4 %* (Rang 4)
Herst. v. Gummi- und Kunststoffwaren (NACE 25)	*35 %* (Rang 4)	*25 %* (Rang 4)	*6 %* (Rang 3)
Medizin-, Mess-, Steuer-, Regelungstechnik, Optik (NACE 33)	*34 %* (Rang 5)	*25 %* (Rang 5)	*3 %* (Rang 6)
Maschinenbau (NACE 29)	*32 %* (Rang 6)	*26 %* (Rang 3)	*4 %* (Rang 4)
Herst. v. Metallerzeugnissen (NACE 28)	*21 %* (Rang 7)	*16 %* (Rang 7)	*3 %* (Rang 6)
Produktkomplexität	–	v. a. mittlere Komplexitäten	–
Personalkostenanteil	v. a. Betriebe mit geringeren Personalkostenanteilen	v. a. Betriebe mit geringeren Personalkostenanteilen	–
Umsatzanteil Produkte älter als 10 Jahre	–	v. a. Betriebe mit hohen Anteilen alter Produkte am Umsatz	–

Quelle: Lay et al. 2002; Lay/Maloca 2004; eigene Darstellung

In der Zusammenschau von bis zum Jahr 2001 aufgebauten Auslandsproduktionen (inklusive Erweiterungsinvestitionen) und danach (2002/2003) vollzogenen Produktionsverlagerungen lassen sich folgende Branchenmuster identifizieren (Tabelle 5):

– Der Fahrzeugbau und mit Abstrichen die Elektrotechnische Industrie (NACE 30 bis 32) weisen bereits zum Jahr 2001 einen überdurchschnittlich hohen Anteil von im Ausland produzierenden Betrieben auf und nehmen weiterhin Verlagerungen von Teilen ihrer Produktion an bereits bestehende oder neue Auslandswerke vor. Für diese Branchen scheint sich eine Produktion im Ausland aus Kosten- oder Marktgründen vergleichsweise oft vorteilhaft gegenüber heimischen Standorten darzustellen, auch wenn in der Automobilindustrie die Rückverlagerungszahlen eine Neigung zum „flexiblen Out- und Backsourcing" erkennen lassen (Kinkel/Lay 2004a).

– Hersteller von Gummi- und Kunststoffwaren, Hersteller von Medizin-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Optik sowie der Maschinenbau liegen sowohl bei der Anzahl der Betriebe mit bis 2001 aufgebauten Auslandsproduktionen als auch mit danach durchgeführten Produktionsverlagerungen im Mittelfeld.

– Hersteller von Metallerzeugnissen weisen sowohl hinsichtlich aufgebauten Auslandsproduktionen wie auch aktuell vollzogenen Produktionsverlagerungen deutlich unterdurchschnittliche Betriebsanteile auf. Betriebe dieser Branche scheinen in ihren traditionell stärker auf den Heimatmarkt orientierten Zuliefer- und Abnehmerstrukturen noch immer wirtschaftlich produzieren zu können, sodass Auslandsproduktion und Produktionsverlagerungen (noch) keinen hohen Stellenwert einnehmen.

– Betriebe der Chemischen Industrie haben in der Vergangenheit vergleichsweise häufig (Erweiterungs-)Investitionen in ausländische Produktionsstandorte getätigt, sind aber aktuell bei Verlagerungen eher zurückhaltend und ziehen verstärkt Produktion aus ihren ausländischen Standorten zurück. Insbesondere für kapitalintensive Industrien wie die Chemische Industrie scheinen sich die Rahmenbedingungen des Produktionsstandortes Deutschland also nicht verschärft negativ darzustellen.

Die dargestellten Erkenntnisse zu unterschiedlich betroffenen Branchen und Betriebscharakteristika, die eine Auslandsproduktion bzw. Produktionsverlagerungen ins Ausland wahrscheinlicher machen oder nicht, gilt es bei der weiteren Analyse, welche Auswirkungen die Internationalisierung der Produktion auf die Ausgestaltung der Industriearbeit in Deutschland hat und zukünftig haben wird, entsprechend zu berücksichtigen.

1.5 Auswirkungen auf die Industriearbeit

Dass die Internationalisierung der Produktion vielfältige Auswirkungen auf die Arbeitsinhalte und die Arbeitsorganisation in den Industriebetrieben haben kann, ist in verschiedenen Beiträgen thematisiert oder zumindest indirekt angerissen worden (z. B. Brödner/Lay 2002; Meil 1996; Steger 1998; von Behr/Hirsch-Kreinsen 1998; von Behr/Semlinger 2004). Dabei fokussiert die Literatur zum internationalen Management von Unternehmen (z. B. Dülfer 1997; Müller/Kornmeier 2002; Perlitz 2000) vorzugsweise auf die Frage, wie das Management und damit die Führungskräfte in multinationalen Unternehmen durch die zunehmende Internationalisierung ihrer Geschäftstätigkeit betroffen sind und welche Auswirkungen dies auf Managementpraktiken und -inhalte hat. Ein Schwerpunkt ist hier das interkulturelle Management, das heißt die Frage wie kulturbedingte Managementprobleme durch effizientes interkulturelles Handeln erfolgreich bewältigt werden können (Perlitz 2000, S. 297). Die Lösungsvorschläge richten sich zumeist auf die Frage, welche Besonderheiten es beim Arbeiten und Führen in fremden Kulturkreisen zu beachten gilt (Hofstede 1993; Perlitz 2000). Damit liegt der Fokus dieser Forschungsrichtung auf der Ebene der Managementarbeit in großen multinationalen Unternehmungen. Weitere Schwerpunkte der Forschung zu veränderten Anforderungen in multinational agierenden Unternehmen betreffen grenz- und bereichsübergreifende Koordinationsprobleme, Probleme beim Auslandseinsatz und der Rekrutierung sowie insbesondere der Entsendung sogenannter „ex patriates“ in ausländische Produktionsstandorte für eine begrenzte Zeit (z. B. Ringlstetter 1994; Stahl 1998; von Behr/Hirsch-Kreinsen 1998).

Ein anderer Literaturstrang befasst sich ergänzend mit der Frage, welche Auswirkungen die Internationalisierung der Produktion nicht nur für große „global player“, sondern zunehmend auch für kleine und mittelständische Unternehmen hat. Auch dieser Strang setzte sich zunächst vornehmlich mit den Auswirkungen einer internationalen Produktion auf die Führungsebene in diesen Unternehmen auseinander (z. B. Meil 1996; von Behr/Hirsch-Kreinsen 1998). In jüngerer Zeit erschienen jedoch auch Veröffentlichungen zur Auswirkung der internationalen Produktion nicht nur auf die Arbeit der Führungskräfte, sondern auch auf die Arbeit der Facharbeiter in Industriebetrieben. Dieser Forschungsstrang speist sich schwerpunktmäßig aus Beiträgen der Mittelstandsforschung (z. B. Backes-Gellner et al. 2000; Hering et al. 2001; Weber/Kabst 2000), zum Wandel der Erwerbsarbeit (z. B. Brödner/Knuth 2002; Dostal et al. 2000), aus Beiträgen der Berufsbildungsforschung (z. B. Borch et al. 2003; Busse et al. 1997; Wordelmann 1995) sowie aus Forschungsprojekten des BMBF im Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“ zur Erforschung der Globalisierungsfähigkeit kleiner und mittlerer Unternehmen (von Behr 2002; von Behr/Semlinger 2004). Die Schwerpunkte dieser Beiträge liegen dementsprechend auf veränderten Tätigkeitsinhalten von Fach- und Führungskräften (Kap. III.1.6) in international produzierenden mittelständischen Unternehmen, wobei insbesondere der länderübergreifende Wissenstransfer und damit einhergehend die Koordinationsprobleme beim internationalen Personalmanagement und beim Auslandseinsatz von Fach- und Führungskräften sowie neue Fach- und Führungskräfterollen angesprochen sind. Auf der Ebene veränderter Qualifikationen (Kap. III.1.7) werden insbesondere interkulturelle Kompetenzen und „internationale Qualifikationen“ sowie Rekrutierungsprobleme bei Engpassqualifikationen und erhöhte Anforderungen an soziale und kommunikative Fähigkeiten („Soft Skills“) vertieft.

Ingesamt ist die Literatur zu den Auswirkungen einer internationalen Produktion auf die Arbeitsinhalte und -profile von Fach- und Führungskräften sehr stark auf theoretisch-intuitive Herleitungen sowie empirisch auf Fallstudien und Einzelbeispiele beschränkt. Rare Ausnahmen stellen zum Beispiel die breitangelegte Studie von Hofstede (1993) zu verschiedenen Kommunikations- und Koordinationsweisen in unterschiedlichen kulturellen Räumen oder Auswertungen der BIBB/IAB-Befragungen sowie von Befragungen des Instituts der deutschen Wirtschaft zu veränderten Anforderungen an die „internationale Qualifikation“ mit Fokus Fremdsprachenkenntnisse (Lenske/Werner 2000; Wordelmann 1995) dar. Breitenempirische Daten zu Veränderungen von Tätigkeitsinhalten auf Werkerebene oder veränderte Zusammensetzungen von Belegschaften hinsichtlich ihrer Qualifikations- und Fachprofile liegen jedoch bislang nicht vor. Die Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“ des Fraunhofer ISI ermöglicht es, diese Lücke auf Basis einer repräsentativen Stichprobe von 1 450 Betrieben des Verarbeitenden Gewerbes zu schließen. Im Folgenden soll daher vertieft analysiert werden,

- welche veränderten Tätigkeitsinhalte sich durch die Internationalisierung der Produktion auf Werkerebene auf Basis der Fraunhofer-ISI-Befragungsdaten nachweisen lassen und welche weiteren veränderten Tätigkeitsinhalte an Fach- und Führungskräfte sich aus anderen Studien ergeben (Kap. III.1.6) sowie
- welche Auswirkungen die Internationalisierung der Produktion auf die Qualifikations- und Fachprofile der Belegschaft an deutschen Standorten auf Basis der Fraunhofer-ISI-Erhebungsdaten hat und welche weiteren veränderten Qualifikations- und Kompetenzanforderungen sich nach den Ergebnissen anderer Untersuchungen ergeben (Kap. III.1.7).

1.6 Tätigkeitsinhalte von Fach- und Führungskräften

Integration von Qualitätssicherungsaufgaben in das Tätigkeitsspektrum der Werker

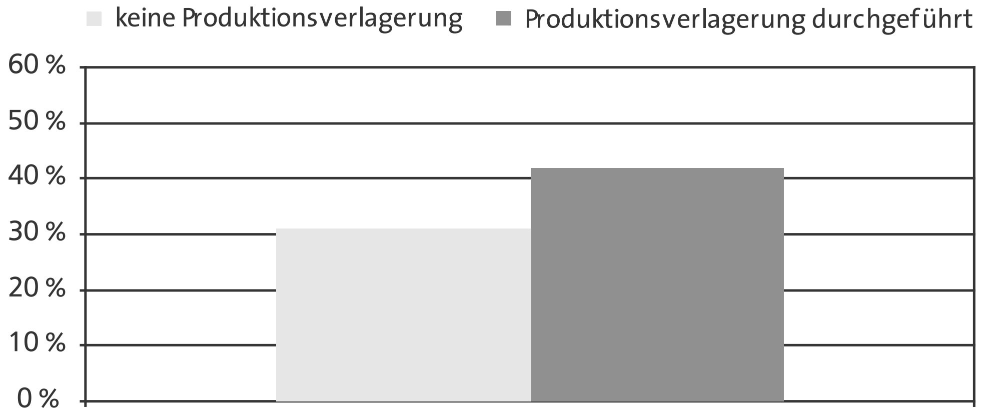
Auswirkungen einer zunehmenden Internationalisierung der Produktion auf das Ausmaß der Integration von qualitätssichernden und -kontrollierenden Aufgaben in das Tätigkeitsspektrum der Werker sind denkbar und plausibel. So zeigte sich zum Beispiel, dass Qualitätsprobleme für über 40 Prozent der Rückverlagerungen von Produktion an deutsche Betriebsstandorte mit ursächlich sind (Kap. III.1.3). Vertiefende Analysen haben gezeigt, dass hier insbesondere die langen Anlaufzeiten zur Sicherung der notwendigen Produkt- und Prozessqualitäten an ausländischen Produktionsstandorten eine wichtige Rolle spielen. Diese werden häufig deutlich unterschätzt und sind in der Realität im Mittel mehr als doppelt so lang als ursprünglich geplant (Kinkel 2004). Anlaufzeiten ausländischer Produktionsstandorte können, wie neuere Studien zeigen, auch in bereits stark international tätigen Branchen wie der Automobilzulieferindustrie durchaus ein bis zweieinhalb, in der Spitze sogar fünf Jahre betragen (Kinkel/Zanker 2006). Dies zeigt, dass es insbesondere bei ausgelagerten Vorprodukten, die wieder in den Produktionsprozess am deutschen Betriebsstandort eingeschleust werden müssen, zu erhöhten Anforderungen an die Qualitätssicherung auch im deutschem Betrieb kommen kann. In diesem Kontext könnte es sinnvoll oder gar notwendig sein, erhöhte Qualitätssicherungs- und -kontrollanforderungen nicht (nur) beim Wareneingang anzulegen, sondern (ergänzend) im eigentlichen Produktionsprozess durch die Werker selbst sicherstellen zu lassen.

Die Auswertungen der Datenbasis „Innovationen in der Produktion 2003“ des Fraunhofer ISI zeigen, dass Aufgaben der Qualitätssicherung und -kontrolle insgesamt bei etwas mehr als 30 Prozent der Werker zu deren Tätigkeitsspektrum ergänzt wurden. Wie sich weiter zeigt, sind in Betrieben, die Produktionsverlagerungen ins Ausland durchgeführt haben, tatsächlich qualitätssichernde Aufgaben bei einem höheren Anteil der Betriebe in das Tätigkeitsspektrum der Werker eingebunden als bei nicht verlagernden Betrieben (Abbildung 8). 42 Prozent der Betriebe, die Teile ihrer Produktion ins Ausland verlagert haben, haben die Integration von Qualitätssicherung in das Tätigkeitsspektrum der Werker vorgenommen, während sich der entsprechende Wert bei Betrieben ohne Produktionsverlagerungen ins Ausland lediglich auf 31 Prozent beläuft. Diese Differenz ist statistisch auf dem 1 Prozent-Niveau signifikant.

Dieser bivariate Zusammenhang kann durch Strukturvariablen wie Betriebsgröße, Branche, Produktkomplexität oder Seriengröße, die wie gezeigt die Aktivität der Betriebe bei der Internationalisierung ihrer Produktion stark beeinflussen (Kap. III.1.4), verzerrt werden. Daher wurde für den Zusammenhang zwischen der Integration von Qualitätssicherungsaufgaben in das Tätigkeitsspektrum der Werker und der Frage, ob ein Betrieb Teile seiner Produktion ins Ausland verlagert hat oder nicht, eine multivariate logistische Regressionen gerechnet, die gleichzeitig auf den Einfluss von Betriebsgröße, Komplexität der hergestellten Produkte, Seriengröße der Produktion sowie Branchenzugehörigkeit mit kontrolliert.

Abbildung 8

Produktionsverlagerungen und Integration von Qualitätssicherungsaufgaben



Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen

Tabelle 6

Multivariate Regression zur Integration von Produktionsarbeit und Qualitätssicherung (Auszug[7])

unabhängige Variable	Exp (B)	Signifikanz
Produktionsverlagerung j/n	1,198	0,284
richtig klassifiziert	67,7 %	

Lesehilfe: Signifikant (*) und damit gewiss nicht statistisch zufällig sind nur jene Zusammenhänge, bei denen in der Spalte „Signifikanz" ein Wert < 0,1 aufgeführt ist, was einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 10 Prozent gleichkommt.
Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003"; eigene Berechnungen

In diesem multivariaten Modell zeigt sich der zuvor bivariat signifikante Zusammenhang zwischen Produktionsverlagerung und Integration von Qualitätssicherungsaufgaben in das Tätigkeitsspektrum der Werker nicht mehr (Tabelle 6). Dies liegt insbesondere daran, dass vor allem große Betriebe mit 500 und mehr Mitarbeitern sowie Hersteller von Produkten einfacher bis mittlerer Komplexität, die wie in Kapitel III.1.4 gezeigt überproportional häufig Produktionsverlagerungen ins Ausland vornehmen, auch überdurchschnittlich häufig Qualitätssicherungsaufgaben in das Tätigkeitsspektrum ihrer Werker einbinden. Damit ist zu konstatieren, dass der Umstand, ob ein Betrieb in den vorhergehenden zwei Jahren Produktionsverlagerungen ins Ausland vorgenommen hat oder nicht, keinen Einfluss auf das Tätigkeitsspektrum der am deutschen Standort verbleibenden Werker hinsichtlich der Integration qualitätssichernder Tätigkeiten hat. Die im Zuge der Internationalisierung der Produktion zunehmend wichtiger werdenden Qualitätssicherungs- und -kontrollaufgaben scheinen also eher nicht im Spektrum der direkt produktiven Mitarbeiter, sondern eher bei indirekten Einheiten oder zentralen Spezialisten angesiedelt zu werden.

Zusätzliche Koordinationsaufgaben

Weitere Anforderungen einer internationalen Produktion an die Tätigkeitsinhalte von Fach- und Führungskräften ergeben sich insbesondere aus grenzüberschreitenden Koordinationsaufgaben, die international produzierende große wie kleine Unternehmen betreffen. Die Ergebnisse in Kapitel III.1.3 haben gezeigt, dass sich Abstimmungsprobleme zwischen Produktionsstandorten in verschiedenen Ländern häufig in hohen Koordinations- und Kommunikationskosten niederschlagen, die in vielen Fällen für die Rückverlagerung von ausgelagerten Produktionskapazitäten an den deutschen Standort mit ursächlich sind. Koordinationsprobleme resultieren aus dem „Versuch der Integration verschiedener Unternehmenseinheiten zu einem Gesamtunternehmen im Wechselspiel zwischen interner Kooperation und Konkurrenz sowie zwischen zentraler Kontrolle und dezentraler Autonomie" (Hirsch-Kreinsen 1996).

Im Resultat entsteht ein hoher und steigender Bedarf an Gesprächs-, Reise- und Zeitaufwendung für die beteiligten Manager und teilweise auch Spezialisten unter den Fachkräften und Werkern, die für den produktiven Ablauf von im Ausland anzusiedelnden Herstellprozessen wertvolles Wissen und Know-how besitzen. Aus der Automobilzulieferindustrie sind Beispiele bekannt, wonach ganze Mannschaften von 15 bis 20 Technik- und Prozessspezialisten sowie leitende Manager für mehrere Monate in den ausländischen Produktionsbetrieb vor Ort geschickt werden, um diesen entsprechend der internen Erwartungen und Vorgaben „zum Laufen" zu bringen (Kinkel/Zanker 2006). Solche koordinierenden und qualitätssichernden Aufgaben können dabei nicht nur zu einer Ausweitung der dezentralen Overheads führen (Reichwald/Koller 1996), sondern auch zu einer dauerhaften Erhöhung der Betreuungskapazitäten, die am deutschen Standort vorgehalten werden müssen (Kinkel 2004). Diese koordinierenden Zusatzaufgaben scheinen aber insbesondere in den indirekten Bereichen oder bei wenigen zentralen Spezialisten anzufallen, sodass sich, wie zuvor gezeigt, keine signifikanten Tendenzen zur Ausweitung der Tätigkeitsumfänge der Werker um qualitätssichernde Aufgaben feststellen lassen.

Länderübergreifender Wissenstransfer

Eng zusammen mit der Frage der hohen Koordinations- und Betreuungsaufwendungen ist die im Zuge der internationalen Produktion auftretende Herausforderung zu sehen, einen länderübergreifenden Wissenstransfer zwischen den verschiedenen Standorten zu bewerkstelligen. Betrachtet man das Wissen zur Strukturierung und Organisation der Produktion, wie es bei internationalen Produktionsstrategien zur Kostenreduktion, zum Marktauf-

[7] Gleichzeitig getestet wurden in der multivariaten Analyse die unabhängigen Variablen Vorhandensein von Gruppenarbeit (enge Definition), Umsatzanteil produktbegleitender Dienstleistungen, Aufgliederung von Zentralabteilungen, Aufgliederung der Produktion, Betriebsgröße, Komplexität der hergestellten Produkte, Seriengröße der Produktion sowie die Branchen Gummi- und Kunststoffwaren, Maschinenbau, Elektroindustrie, Medizin-, Mess-, Steuer-, Regelungstechnik, Optik sowie Automobil- und Sonstiger Fahrzeugbau (Tabelle A4 im Anhang).

bau und zur Vor-Ort-Präsenz in der Nähe eines Kunden wichtig ist, beinhaltet dies neben dem Austausch expliziten Wissens insbesondere auch den Transfer von Erfahrungswissen (von Behr/Semlinger 2004). In größeren und international erfahrenen Unternehmen wird dies oftmals durch umfangreiche Schulungsprogramme, entweder durch zentrale Spezialisten und Wissensträger, die über längere Zeit im Auslandsproduktionsstandort vor Ort sind, oder durch Schulung der ausländischen Mitarbeiter in den heimischen Produktionsstätten des deutschen Betriebes gelöst. Große multinational agierende Betriebe haben nicht selten größere Abteilungen, die sich vorrangig oder ausschließlich um die Koordination und den Transfer der Kompetenzen und des Wissens zwischen den Standorten kümmern (Kinkel 2004; Kinkel/Zanker 2006; von Behr/Hirsch-Kreinsen 1998). Kleinere Betriebe mit ihren begrenzten finanziellen und personellen Ressourcen müssen hier andere Lösungen finden.

Ein geeignetes Personalkonzept zur Erhöhung der Globalisierungsfähigkeit von kleinen und mittleren Unternehmen und zum systematischen Aufbau von Rückkopplungsschleifen zum Wissenstransfer zwischen den international verteilten Produktionsstandorten kann hier das Konzept des internationalen Grenzgängers sein (von Behr 2002; von Behr/Semlinger 2004). Die Aufgaben solcher internationaler Grenzgänger sind es, zum einen, das explizite Wissen und Erfahrungswissen über funktionierende Produktionsprozesse an ausländische Standorte vor Ort zu vermitteln und zum anderen, Informationen über deren Produktionsprozesse, ihre Entwicklung und die Marktanforderungen vor Ort im Ausland direkt aufzunehmen und den Rückfluss in die Funktionsbereiche am einheimischen Stammwerk sicherzustellen (von Behr/Semlinger 2004, S. 203). Damit sind solche Grenzgänger quasi „doppelt gebunden“ und in ihren Aufgabenbereichen zwischen den Standorten der Unternehmen angesiedelt. Solche Akteure an Organisationsgrenzen sind auch aus anderen Ansätzen der Organisationstheorie bekannt, beispielsweise der Netzwerkanalyse, wo sich der Begriff des „boundary spanners“ durchgesetzt hat (Aldrich/Herker 1977; Kirner 2005). Solche Transferaufgaben an den Schnittstellen zwischen Unternehmenseinheiten sind üblicherweise auf einzelne Personen oder auf kleine Arbeitskräftegruppen begrenzt (von Behr/Semlinger 2004). Betroffen sein können verschiedene Gruppen von Fach- bis hin zu Führungskräften, je nachdem ob der Typ des internationalen Grenzgängers als Generalist, technikorientierter Spezialist, organisationskompetenter Pate oder schnittstellenorientierter Wissensmakler organisiert ist (Knoblach 1999). Mit dieser Rolle einher geht die Ausweitung der traditionellen Arbeitsinhalte von Produktionsmitarbeitern oder Fertigungsspezialisten hin zu kommunikativen, koordinierenden und beratenden Tätigkeiten und Arbeitsinhalten. In ihren quantitativen Auswirkungen sind diese Tendenzen für die Mehrheit der Produktions- und unterstützenden Mitarbeiter aber begrenzt, da nur ein kleiner Teil der Beschäftigten von diesen Auswirkungen unmittelbar betroffen ist.

1.7 Internationalisierung der Produktion und veränderte Qualifikationsanforderungen

Mit der Realisierung internationaler Produktionsstrukturen ist immer auch die Frage verbunden, welche Kompetenzen und dadurch auch Qualifikationen man an den deutschen Standorten belässt und weiter vorhält bzw. gegebenenfalls sogar ausbaut und welche Kompetenzen besser an ausländischen Produktionsstandorten angesiedelt bzw. dahin verlagert werden. Statistische Daten von zum Beispiel statistischen Bundesämtern, EUROSTAT oder OECD erlauben in diesem Kontext Analysen, die zeigen, dass lohnkostenintensive Tätigkeiten in deutschen Unternehmen, die in besonders exportintensiven oder direktinvestiven Branchen tätig sind, über die vergangenen Jahre sukzessive abgenommen haben. Die Daten der Erhebung „Innovationen in der Produktionen 2003“ ermöglichen es demgegenüber auf Betriebsebene zu analysieren, ob sich die Qualifikations- und Einsatzprofile des Mitarbeiterstammes von produktionsverlagernden Betrieben und nicht verlagernden Betrieben tatsächlich unterscheiden.

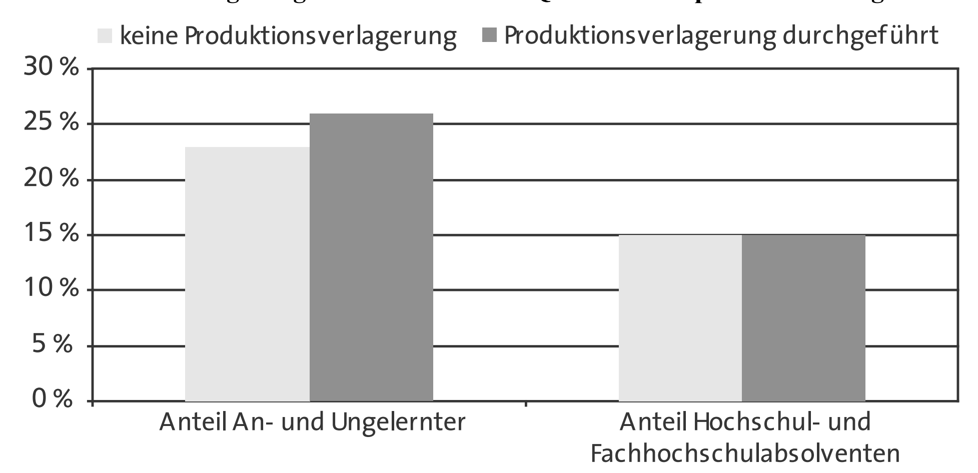
Eine These zum Zusammenhang zwischen Produktionsverlagerungen ins Ausland und der Zusammensetzung der Belegschaft am einheimischen Standort könnte sein, dass verlagernde Betriebe einen höheren Anteil Geringqualifizierter im Sinne von An- und Ungelernten und/oder einen geringeren Anteil von hochqualifizierten Hochschul- und Fachhochschulabsolventen an ihrer Belegschaft haben und daher einen höheren Druck als andere Betriebe verspüren, den höheren Anteil einfacher Fertigungs- und Montagetätigkeiten ins Ausland zu verlagern als andere Betriebe.

Vergleicht man daraufhin verlagernde und nichtverlagernde Betriebe in bivariaten Analysen, so zeigt sich tatsächlich, dass Betriebe, die in den zwei Jahren 2002 oder 2003 Produktionsverlagerungen durchgeführt haben, mit 26 Prozent einen im Durchschnitt höheren Anteil an An- und Ungelernten an ihren Beschäftigten aufweisen als nichtverlagernde Betriebe mit 23 Prozent (Abbildung 9). Dieser Unterschied ist auf dem 10 Prozent-Niveau statistisch signifikant. Dagegen zeigen sich keine Unterschiede beim Anteil der Hochqualifizierten, gemessen an Hochschul- und Fachhochschulabsolventen, die sowohl in verlagernden wie auch in nichtverlagernden Betrieben jeweils 15 Prozent der Beschäftigten ausmachen.

Um sicherzugehen, dass hier keine Scheinkorrelation ausgewiesen wird, die durch intervenierende Variablen wie Betriebsgröße, Produktionsstruktur oder Branche hervorgerufen werden könnte, wurde ein multivariates Regressionsmodell gerechnet. Wie sich zeigt, ist der bivariat nachgewiesene Zusammenhang zwischen Produktionsverlagerung und Anteil der An- und Ungelernten auch in dem gewählten multivariaten Modell auf dem 10 Prozent-Niveau signifikant (Tabelle 7). Ein typischer verlagernder Betrieb weist demnach im Mittel einen um etwa 1,3 Prozent-Punkte höheren Anteil an- und ungelernter Mitarbeiter auf als ein nichtverlagernder Produktionsbetrieb.

Abbildung 9

Produktionsverlagerungen ins Ausland und Qualifikationsprofile der Belegschaft



Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen

Tabelle 7

Multivariate Regression zum Anteil An- und Ungelernter (Wurzel aus Anteil An-/Ungelernter, Auszug[8])

unabhängige Variable	B	Beta	Signifikanz
Produktionsverlagerung j/n	0,349	0,056	0,066*
Korr. R^2		0,301	

Lesehilfe: Signifikant (*) und damit gewiss nicht statistisch zufällig sind nur jene Zusammenhänge, bei denen in der Spalte „Signifikanz“ ein Wert < 0,1 aufgeführt ist, was einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 10 Prozent gleichkommt.

Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen

Den Autoren ist bewusst, dass man Ursache und Wirkung in diesem Kontext auch umgekehrt interpretieren könnte. Dann würden Betriebe, die Teile ihrer Produktion ins Ausland verlagert haben, infolge dieser Verlagerung einen höheren Anteil An- und Ungelernter an ihren Beschäftigten aufweisen. Das hieße, dass von Produktionsverlagerungen insbesondere höher qualifizierte Arbeiten und Mitarbeiter betroffen wären. Eine solche These ist aber kaum in Einklang zu bringen mit den bekannten und empirisch nachgewiesenen Verlagerungsmustern deutscher Betriebe, wonach vorzugsweise arbeitsintensive und „reife“ Produkte und Prozesse an ausländische Produktionsstandorte transferiert werden (Dachs et al. 2006; Kinkel et al. 2004; Kinkel/Lay 2004a).

Zudem zeigen auch andere empirische Befunde, dass bislang vorzugsweise einfache Produkte und Fertigungs- bzw. Montagetätigkeiten an ausländische Standort verlagert worden sind (Berger 2004; McKinsey/PTW 2005; Wildemann 2005). Beim Ausblick scheiden sich dagegen die Geister: Ein Teil der Studien geht davon aus, dass auch zukünftig weiterhin vor allem einfache und arbeitsintensive Prozesse ausgelagert werden (Orglinea 2004) und dadurch die Entwicklung und Produktion spezialisierter, höherwertiger Güter im Inland weiter vorangetrieben wird (McKinsey/PTW 2005). Andere prognostizieren dagegen, dass zukünftig auch technologisch anspruchsvollere Produkte und Tätigkeiten sowie wissensintensive (z. B. Forschung und Entwicklung) und administrative Tätigkeiten stärker von Verlagerungen betroffen sein werden (Berger 2004; Wildemann 2005). Um hier klarer zu sehen und sicher zu sein, dass Verlagerungen wie vermutet bislang tatsächlich vor allem geringer Qualifizierte betroffen haben, wäre es angebracht, auf Basis repräsentativer Daten zu ermitteln, welche Qualifikationsprofile und Funktionen in den letzten beiden Jahren verlagert worden sind. Die seit Oktober 2006 zur Verfügung stehenden Daten der Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der

[8] Gleichzeitig getestet wurden in der multivariaten Analyse die unabhängigen Variablen Vorhandensein von Gruppenarbeit (enge Definition), Umsatzanteil produktbegleitender Dienstleistungen, Aufgliederung von Zentralabteilungen, Aufgliederung der Produktion, Betriebsgröße, Komplexität der hergestellten Produkte, Seriengröße der Produktion sowie die Branchen Gummi- und Kunststoffwaren, Maschinenbau, Elektroindustrie, Medizin-, Mess-, Steuer-, Regelungstechnik, Optik sowie Automobil- und Sonstiger Fahrzeugbau (Tabelle A7 im Anhang).

Produktion 2006“ würden solche Analysen auf Basis einer repräsentativen Stichprobe von über 1 600 antwortenden Betrieben des deutschen Verarbeitenden Gewerbes erlauben.

Insgesamt lässt sich damit festhalten, dass Betriebe, die Produktionsverlagerungen ins Ausland durchgeführt haben, tatsächlich einen höheren Anteil An- und Ungelernter an ihren Beschäftigten aufweisen als Betriebe, die keine Produktionskapazitäten verlagert haben. Dies deutet darauf hin, dass insbesondere Betriebe, die einen hohen Anteil einfacher Tätigkeiten in ihren Fertigungs- und Montageprozessen aufweisen, eine Notwendigkeit verspüren, Effizienzpotenziale durch Verlagerung dieser einfachen Tätigkeit ins Ausland auszuschöpfen. Für die Qualifikation der Beschäftigten bedeutet dies, dass (bislang) vorrangig Arbeitsplätze von Geringqualifizierten von Produktionsverlagerungen betroffen und durch Verlagerungen bedroht sind. Damit verschärft die weiterhin zunehmende Internationalisierung der Produktion, wie allgemein vermutet, tatsächlich den Druck insbesondere auf den Arbeitsmarkt für Geringqualifizierte. Höhere Qualifikationen scheinen dagegen bislang, d. h. bis zum Erhebungszeitpunkt 2003, zumindest im Vergleich zu den An- und Ungelernten, unterdurchschnittlich von den Konsequenzen der Produktionsverlagerung betroffen zu sein.

Internationale Qualifikationen und interkulturelle Kompetenzen

Jenseits der Frage nach der formalen Qualifikationshöhe spielt im Kontext der internationalen Produktion zudem die Frage eine Rolle, welche zusätzlichen methodischen und sozialen Kompetenzen an Bedeutungen gewinnen. Als Bezugsrahmen eignet sich hierzu das Konzept der „internationalen Qualifikation“, das durch die drei Dimensionen hervorragende Fachkenntnisse, Fremdsprachenkenntnisse und interkulturelle Kompetenz aufgespannt wird (Busse et al. 1997). Dabei wird die Dimension hervorragende Fachkenntnisse entlang der formalen Qualifikationsprofile, wie sie zuvor untersucht wurden, also Fach- und Führungskräfte mit Hochschulabschluss, Fachkräfte mit Berufsausbildung und an- und ungelernte Kräfte, unterschieden. Diese Fachkenntnisse stehen noch immer im Mittelpunkt des betrieblichen Bewusstseins für internationale Tätigkeiten, sodass die anderen Dimensionen internationaler Qualifikation in der Personalwirtschaft bislang eher vernachlässigt werden (Wordelmann 1995, S. 231).

Fremdsprachenkenntnisse werden demgegenüber auf höchst unterschiedlichem Niveau eingefordert. Wie die Ergebnisse der BIBB/IAB-Befragungen von Erwerbstätigen zeigen, scheinen die Anforderungen über einen langen Zeitraum relativ stabil zu sein. Etwa jeder zehnte Beschäftige benötigt derzeit Fremdsprachenkenntnisse, wobei die Unterschiede zwischen den verschiedenen Qualifikationsniveaus aber erheblich sind. So benötigten 1998/1999 nur 6 Prozent der Beschäftigten mit einer abgeschlossenen Lehre, aber 29 Prozent der Beschäftigten mit einem universitären Abschluss Fremdsprachen an ihrem Arbeitsplatz (Wordelmann 1995, S. 233). Dagegen hat der Weiterbildungsbedarf bei Fremdsprachen zugenommen, von 5 Prozent der Beschäftigten 1991/1992 auf 8 Prozent der Beschäftigten 1998/1999. Dabei ist auch ein Weiterbildungsbedarf bei Fremdsprachen, insbesondere bei Mitarbeitern mit universitärem Abschluss vorhanden.

Betriebsbefragungen des Instituts der deutschen Wirtschaft zum Konzept der internationalen Qualifikationen bei ca. 4 000 Unternehmen signalisieren höhere Bedarfe als die zuvor dargestellten Ergebnisse auf Basis von Beschäftigtenbefragungen. Demnach liegt der Anteil der Fachkräfte, die regelmäßig Fremdsprachkenntnisse einsetzen, bei 32,4 Prozent. Die entsprechenden Anteile für internationale Fachkenntnisse und „sonstige internationale Kenntnisse und Qualifikationen“ belaufen sich auf 22 bzw. 16 Prozent der Beschäftigten (Lenske/Werner 2000). Befragt nach der Relevanz der einzelnen Dimensionen messen die Unternehmen aber den interkulturellen Kenntnissen mit 26 Prozent die vergleichsweise höchste Bedeutung vor Fremdsprachenkenntnisse mit 24 Prozent und internationalen Fachkenntnissen mit 23 Prozent zu. Gerade der interkulturellen Dimension, die wohl am schwersten zu definieren und bislang auch am geringsten in der Berufsbildung verankert ist, wird also die höchste Bedeutung zugemessen (Wordelmann 1995, S. 234).

Die Ergebnisse zeigen, dass „internationale Qualifikationen“ gerade nicht auf hervorragende und internationale Fachkenntnisse beschränkt sind, sondern auch entsprechende Sprachkenntnisse, insbesondere aber auch interkulturelle Kompetenzen fordern. Trotz ihrer hohen Bedeutung ist die Dimension der interkulturellen Kompetenz bislang eher diffus umschrieben (Bolten 2001). Sie wird neben Sprachschulung häufig auf Landescodices und Benimmregeln reduziert und mit Termini wie „im Ausland klarkommen“ oder „Verhandlungskompetenz in einer fremden Situation und Sprache“ eher punktuell umschrieben (Perlitz 2000; Wordelmann 1995). Dennoch ist es eine Zentralforderung an international tätige Unternehmen, ihren potenziell betroffenen Mitarbeitern das Arbeiten in ausländischen Standorten zu ermöglichen bzw. zu erleichtern und ihnen dazu neue Fähigkeiten wie interkulturelles Verständnis und Einfühlungsvermögen zu vermitteln oder entsprechende Qualifizierungsmaßnahmen anzubieten (Brödner/Lay 2002).

Auslandseinsatz und Entsendung

Engverknüpft mit der Frage der interkulturellen Kompetenzen und internationalen Qualifikationen ist die Frage des Auslandseinsatzes und der Entsendung von Mitarbeitern sowie des internationalen Personalmanagements. Ein wesentlicher Bestandteil des internationalen Personalmanagements von international tätigen Unternehmen sind in der Zwischenzeit Auslandsaufenthalte in den Werken und Niederlassungen der Unternehmung. Üblicherweise betragen die Aufenthaltszeiträume zukünftiger Führungskräfte etwa zwei bis sechs Monate in einem ausländischen Standort, bevor sie entweder an den deutschen Stammsitz zurückkehren oder an einen anderen ausländischen Standort wechseln (Niehoff/Reitz 2001). Ähnliche Fristen lassen sich auch für Fachkräfte und Spezialisten ermitteln, die zur Unterstützung der Anlaufprozesse an ausländischen Produktions- und Montagestandorten entsendet werden (Kinkel/Zanker 2006). Begleitet werden

diese Entsendungen und internationalen Qualifikationen üblicherweise durch das Konzept des „job rotation“. Die zukünftigen Führungskräfte lernen dadurch nicht nur unterschiedliche Standorte und Kulturen, sondern auch unterschiedliche Funktionsbereiche im internationalen Unternehmensverbund kennen. Mit der zunehmenden Internationalisierung ihrer Geschäftstätigkeiten sind auch kleine und mittlere Unternehmen gefordert, hier tätig zu werden. Auslandsaufenthalte sind auch hier gezielt in Karriereplanungen zu integrieren, um die reibungslose Eingliederung von Fach- und Führungskräften, die nach einem längeren Aufenthalt wieder in den Stammbetrieb zurückkommen, systematisch zu unterstützen (Brödner/Lay 2002).

Rekrutierung

Ein weiterer Schwerpunkt des internationalen Personalmanagements stellt die Rekrutierungspolitik dar. In international tätigen Unternehmen zielen Rekrutierungsmaßnahmen zunehmend auf zwei Aspekte: Neben der Sicherstellung der fachlichen Qualifikation der einzustellenden Mitarbeiter müssen die Kandidaten auch zunehmend über „weiche Qualifikationen“ (Soft Skills) verfügen, die sowohl mit der Unternehmenskultur wie auch mit den internationalen und interkulturellen Kompetenzanforderungen harmonisieren (Niehoff/Reitz 2001). Ethnozentrisch orientierte Unternehmen versuchen diese Herausforderung insbesondere durch an die ausländischen Standorte versetzte inländische Manager, sogenannte ex patriates, zu lösen (Dülfer 1997; Niehoff/Reitz 2001; Perlitz 2000). Der ideale ex patriate bringt alle notwendigen fachlichen und methodischen Qualifikationen und Kompetenzen mit und hat ein tiefes Verständnis sowohl der Kultur des deutschen Stammsitzes als auch der Kultur des ausländischen Standorts, an dem das Produktionswerk angesiedelt ist. Dies sind üblicherweise entweder Deutsche mit hoher Affinität oder langjährigen Beziehungen zum jeweiligen Land oder im jeweiligen Zielland Geborene, die in Deutschland lange Zeit gelernt, studiert oder gearbeitet haben. Polyzentrisch orientierte Unternehmen werden eher versuchen, ihre ausländischen Standorte und Niederlassungen von dort ansässigen Managern führen zu lassen. Der Schwerpunkt liegt hier eindeutig auf dem Verständnis der kulturellen Besonderheiten des Ziellandes, während die Schnittstelle und das Verständnis des deutschen Stammsitzes als weniger wichtig erachtet wird.

Beide Ansätze, der polyzentrische und der ethnozentrische haben damit ihre Vor- und Nachteile, sodass sich nicht ein Ansatz als bester Weg herauskristallisiert hat. Es gibt sowohl Beispiele sehr erfolgreicher international tätiger Unternehmen, die ethnozentrisch vorgehen, polyzentrisch besetzen oder Mischformen pflegen (Dülfer 1997; Niehoff/Reitz 2001; Perlitz 2000). Allen Ansätzen ist jedoch gemeinsam, dass es sich bei den gesuchten Qualifikationen um nicht unbeträchtliche Rekrutierungsengpässe handelt. Den idealen und spezifischen Arbeitsanforderungen international tätiger Unternehmen im Bereich leitender Führungskräfte oder fachlicher Spezialisten werden im Allgemeinen nur sehr wenige Personen gerecht, sodass daraus schnell sogenannte kritische Engpässe („crucial bottlenecks“) werden können (Hirsch-Kreinsen 1996). Die Folge ist, dass der Rekrutierung einer Kerngruppe von besonders qualifizierten und entsprechend flexibel einsatzbereiten Managern, Spezialisten und Fachkräften in international tätigen Unternehmen zunehmend eine zentrale Bedeutung beigemessen wird. Um diese zentralen Kräfte entbrennt ein Kampf, während geringere Qualifikationen in international tätigen Unternehmen den Auswertungen zufolge zumindest am inländischen deutschen Betriebsstandort zunehmend seltener gesucht werden.

1.8 Internationalisierung der Produktion und die Zukunft der Industriearbeit

Die vorangegangenen Ausführungen und Befunde haben deutlich werden lassen, dass mit der Internationalisierung der Produktion veränderte Anforderungen an die Tätigkeitsinhalte und Qualifikationen von Fach- und Führungskräften in produzierenden Unternehmen einhergehen. Es wurde auch deutlich, dass die weitere Internationalisierung der Produktion kein Prozess ist, der sich zu Ende neigt oder bei dem sich ein stabiles Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Standorten einstellt. Neue Märkte entwickeln sich, oder wichtige Schlüsselkunden gehen ins Ausland, so dass es notwendig wird, vor Ort zu produzieren und notwendige Fühlungsvorteile zu realisieren. Reife Produkte und Prozesse erlauben kaum mehr Rationalisierungspotenziale an den bestehenden Standorten, sodass versucht wird, die verbleibenden Potenziale einer Produktion in Niedriglohnländern auszuschöpfen (Kinkel et al. 2004). Andererseits erfordern neue Produkte und Lösungen neue Produktionsprozesse und Herstellverfahren, die vorzugsweise an einheimischen Standorten hochgefahren werden und in der Folge auch an inländischen Standorten neue Optimierungspotenziale ermöglichen (Kinkel/Zanker 2006). Die internationale Allokation von Wertschöpfungsprozessen wird weiterhin dynamisch den jeweiligen Erfordernissen angepasst werden und weist, wie die Ergebnisse zu Direktinvestitionen ausländischer Unternehmen in Deutschland und Rückverlagerungen deutscher Industriebetriebe gezeigt haben, beileibe nicht immer nur ins Ausland.

Wie die in Tabelle 8 dargestellte Synopse zeigt, haben bislang vor allem große multinationale Unternehmen entsprechende Lösungskonzepte für die Anforderungen, die sich aus der zunehmenden Internationalisierung der Produktion für die Industriearbeit ergeben, entwickelt und umgesetzt. Gleichzeitig sind die meisten dieser Lösungen auf die Herausforderungen ausgerichtet, die insbesondere Führungskräfte sowie bestimmte Spezialisten für die Koordination von Fertigungstechniken, Organisationsstrukturen und Personalmanagement betreffen. Da diese Konzepte in großen Unternehmen entstanden sind, sind sie auch vorrangig auf deren Strukturen anwendbar und nur ansatzweise auf kleine und mittelständische Unternehmen übertragbar, die zunehmend nun auch ihre Produktionsprozesse internationalisieren. Insgesamt stecken daher insbesondere geeignete Konzepte für kleine und mittlere Unternehmen sowie für die Ebene der Produktionsmitarbeiter noch in den Kinderschuhen oder sind bislang noch überhaupt nicht entwickelt.

Tabelle 8

Internationalisierung der Produktion und Handlungsüberlegungen

Internationalisierung der Produktion und zukünftige Konzepte der Industriearbeit	**große Unter-nehmen**	**KMU**	**Werker**	**Spezia-listen**	**Führungs-kräfte**
Tätigkeitserweiterung					
Tätigkeitsanreicherung der Werker um qualitätssichernde und koordinierende Aufgaben	x		x	–	–
standortübergreifende Koordination durch entsendete Spezialisten vor Ort	x	B + H	– (x)	(x)	(x)
standortübergreifende Koordination durch zentrale Bereiche im Stammwerk	x		– (x)	(x)	(x)
Wissenstransfer durch einzelne „Grenzgänger“ oder kleine Arbeitskräftegruppen	H		H	(x)	(x)
Wissenstransfer und Kompetenzerhalt durch zentrale Einheiten am Stammsitz	x	(x)	!	x	x
Qualifikationen					
Halten/Integration verlagerungsgefährdeter einfacher Tätigkeiten An-/Ungelernter	H		H	–	–
internationale Qualifikationen, insb. interkulturelle Kompetenzen	H			H	
Auslandseinsatz, Entsendung, Wiedereingliederung (inkl. job rotation)	x	(x)	(x)	(x)	x
Verfügbarkeit (Rekrutierungsmöglichkeiten) von Engpasspersonal („crucial bottlenecks“)	H			H	

x, (x) = (Ansätze für) Konzepte/Lösungen vorhanden; – = nicht relevant/kein Bedarf; H = Handlungsüberlegungen erforderlich; B = Beobachtungsbedarf
Quelle: eigene Darstellung

Lösungsansätze fehlen derzeit unter anderem noch für die Aufgabe, durch zentrale Einheiten am deutschen Stammsitz nicht nur explizites Wissen und dokumentierbare Kompetenzen von Spezialisten und Führungskräften vorhalten und bei Bedarf an andere Standorte vermitteln zu können, sondern auch wichtiges Prozess- und Organisationswissen der Produktionsmitarbeiter selbst, das oftmals die Gestalt von nichtkodifiziertem Erfahrungswissen aufweist. Diese Art Wissen spielt insbesondere für Betriebe, die sich traditionell als Prozessspezialisten bei eher einfachen Produkten („Low-Tech-Produkte“) im Wettbewerb behaupten, eine zentrale Rolle. Für diese Betriebe, die einen gewichtigen Anteil der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes ausmachen (Hirsch-Kreinsen 2006), ist die Entwicklung entsprechender Lösungskonzepte ein wichtiger Baustein, um auch weiterhin international wettbewerbsfähig am deutschen Standort produzieren und gleichzeitig neue Marktchancen auf Auslandsmärkten wahrnehmen zu können.

Auch zur Sicherstellung und Pflege internationaler Qualifikationen, und hier insbesondere interkultureller Kompetenzen und Kommunikationsfähigkeiten auf der Ebene der Produktionsmitarbeiter und in kleinen und mittleren Betrieben fehlt es überwiegend noch an geeigneten Konzepten. Hier ist die Bildungspolitik gefordert, nicht nur Sprachkenntnisse, sondern auch weiterreichende interkulturelle Fähigkeiten frühzeitig in die Curricula nicht nur von Studenten und Abiturienten zu integrieren, sondern in alle Bildungswege, die auf industrielle Facharbeiter abzielen.

Ein großes Problem resultiert auch aus der nachweisbaren Verlagerungsgefährdung insbesondere für einfache Arbeiten, die von gering qualifizierten Beschäftigten ausgeführt werden können. Diese scheinen in begrenztem Ausmaß derzeit nur in Deutschland haltbar, wenn einfache Produkte hochautomatisiert und damit vergleichsweise wenig personalintensiv gefertigt oder montiert werden können (Kinkel et al. 2004). Die deutsche Industrie könnte damit als gewichtiger Anbieter auch einfacher Tätigkeiten mittelfristig ausfallen oder zumindest deutlich weniger Entlastung für den Arbeitsmarkt der Geringqualifizierten als noch bislang bringen. Hier sind die Bil-

dungs-, Arbeits- und Wirtschaftspolitik in Zusammenarbeit mit Interessenvertretungen und den Tarifparteien gefordert, entsprechende Ansätze zur bedarfsorientierten Weiterqualifikation und zur Kompensation dieser Arbeitsplätze durch höhere Absorptionskapazitäten in anderen Sektoren, zum Beispiel im Bereich Dienstleistungen und Handwerk, voranzutreiben.

Schließlich zeigt sich bei hochqualifiziertem Engpasspersonal, insbesondere auf der Ebene von technischen Spezialisten und exzellenten Führungskräften, schon heute das umgekehrte Problem. Hier wird es im Wettbewerb um hervorragende Köpfe, der zukünftig noch stärker international und standortübergreifend stattfinden wird, insbesondere für kleine und mittlere Betriebe mit ihrer im Vergleich zu großen Unternehmen geringeren „Arbeitgeberattraktivität“ und ihren eingeschränkten Möglichkeit, hohe Gehälter zu zahlen, zunehmend härter, adäquat ausgebildetes und erfahrenes Personal für diese Schlüsselpositionen zu finden. Im Ingenieurbereich ist ein entsprechender Fachkräftemangel derzeit schon spürbar und wird sich, getrieben durch den demographischen Wandel und über lange Jahre unzureichende Studentenzahlen in ingenieurwissenschaftlichen Fächern, zukünftig noch verschärfen (Grupp et al. 2004). Hier sind insbesondere die Bildungs- und die Mittelstandspolitik gefordert, die Attraktivität der Industriearbeit allgemein und einer herausfordernden Tätigkeit im deutschen Mittelstand im Besonderen aktiv zu kommunizieren und zu befördern.

2. Tertiarisierung der Industriearbeit

2.1 Was ist Tertiarisierung der Industriearbeit?

Der Übergang von der Produktionsgesellschaft zur Wissens- oder Dienstleistungsgesellschaft wird bislang überwiegend als sektoraler Wandlungsprozess diskutiert: Danach wird die Bedeutung des Produzierenden Gewerbes als Ort der Beschäftigung in der Dienstleistungsgesellschaft weiter abnehmen, während sich im Gegenzug die im Dienstleistungssektor gegebenen Beschäftigungschancen ausweiten. Dienstleistungsarbeit mit den im Dienstleistungssektor typischen Anforderungen und Belastungen werde zunehmen. Produktionsarbeit als das Herstellen von Produkten oder das Einrichten und Warten von Maschinen im sekundären Sektor werde quantitativ immer unbedeutender.

Diese Überlegungen zu den Arbeitsplatzeffekten einer Dienstleistungsgesellschaft greifen möglicherweise in einem wesentlichen Aspekt zu kurz: Von einem Übergang zur Dienstleistungsgesellschaft sind nicht nur die im Dienstleistungssektor Beschäftigten tangiert. Auch die Tätigkeitsbilder der im produzierenden Sektor Beschäftigten sind schon seit geraumer Zeit nicht mehr nur dominant von der klassischen Produktionsarbeit geprägt. Dienstleistungsarbeit findet auch im sekundären Sektor statt. Die Entwicklungstendenzen laufen sogar darauf hinaus, dass die Dienstleistungstätigkeiten im industriellen Sektor weiter anwachsen.

Belege hierfür liefert die Beschäftigten- und Arbeitslosenstatistik der Bundesanstalt für Arbeit. Diese Statistik enthält Informationen zu allen sozialversicherungspflichtig Beschäftigten und erlaubt es, die in den verschiedenen Sektoren Beschäftigten nach ihren Berufen zu gliedern. Dabei sind die Angaben zum Beruf keine Informationen zum erlernten Beruf (Ausbildungsberuf), sondern zum Erwerbsberuf. Sie sind daher gut geeignet, die aktuell ausgeübte Tätigkeit unabhängig von der absolvierten Ausbildung abzubilden.

Auf Basis dieser Datengrundlage kann gezeigt werden, dass im Jahre 1998 ca. 40 Prozent der im produzierenden Sektor Beschäftigten Dienstleistungsberufe ausübten (Abbildung 10). Hierunter fallen zum einen primäre Dienstleistungstätigkeiten wie Handels- und Bürotätigkeiten sowie Reinigungs-, Bewirtungs- und Lagertätigkeiten (25,6 Prozent). Zum anderen sind hierin jedoch auch sogenannte sekundäre Dienstleistungstätigkeiten enthalten (14,3 Prozent). Hierzu zählen beispielsweise Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten, Organisieren, Managen oder Beraten. In produktionsorientierten Berufen waren dementsprechend ca. 60 Prozent aller im Produzierenden Gewerbe beschäftigten Mitarbeiter eingesetzt. Diese Differenzierung belegt, dass die Gleichung produzierender Sektor gleich produktionsorientierte Tätigkeiten nicht zutrifft. Dass die Tätigkeitsbilder der im produzierenden Sektor Beschäftigten schon seit geraumer Zeit nicht mehr nur dominant von der klassischen Produktionsarbeit geprägt sind, bestätigen auch Untersuchungen des DIW auf der Basis des Sozioökonomischen Panels (DIW 1996 u. 1998).

Die Abbildung 10 macht weiter deutlich, dass die Anteile produktions- und dienstleistungsorientierter Berufe im Produzierenden Gewerbe nicht gleich bleiben. Bereits innerhalb der kurzen Periode zwischen 1998 und 2005 sind eine kontinuierliche Abnahme der produktionsorientierten und eine spiegelbildliche Zunahme der dienstleistungsorientierten Berufe um 3 bis 4 Prozentpunkte zu erkennen. Dies zeigt, dass Arbeit in der Industrie in zunehmendem Maße Dienstleistungsarbeit ist.

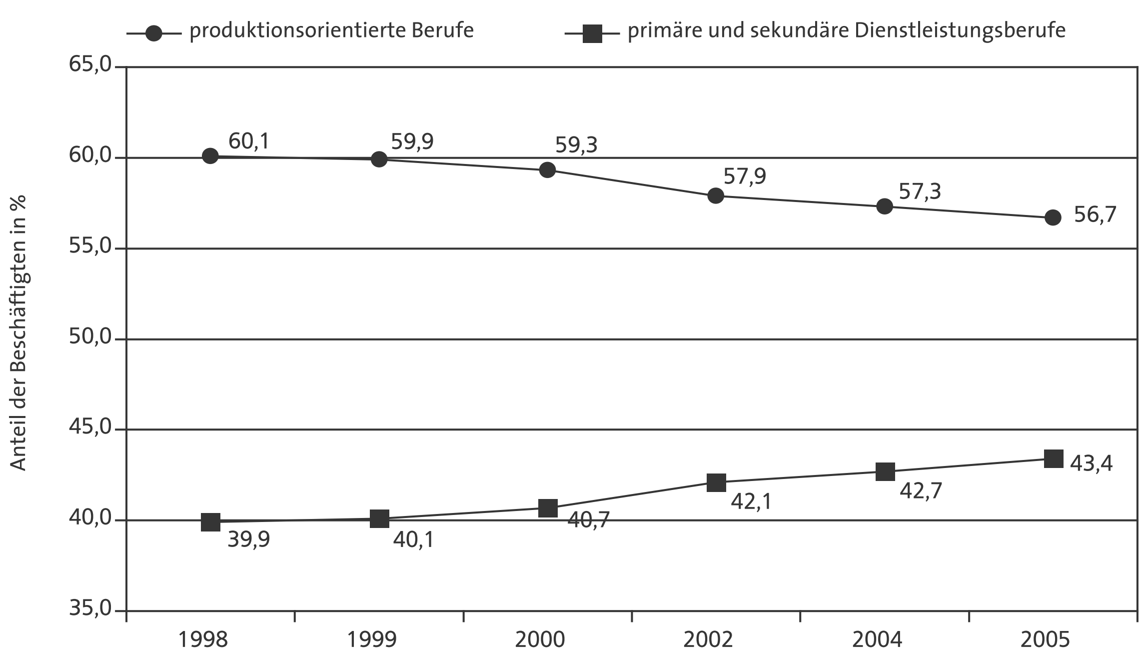
Gestützt wird dieser Befund auch durch die Daten des Mikrozensus. Der Mikrozensus ist die jährliche amtliche Repräsentativstatistik über die Bevölkerung und den Arbeitsmarkt in Deutschland. Er ist als Befragung der Haushalte organisiert und deckt 1 Prozent aller Haushalte ab. Die Inhalte der Befragung bestehen aus einem feststehenden, jährlich wiederholt erfragten Satz von Items sowie zusätzlichen Inhalten, die nur in mehrjährigem Abstand in den Fragebogen aufgenommen werden. Die für die vorliegenden Analysen ausgewerteten Angaben zur ausgeübten Tätigkeit gehören zu diesem zweiten Satz von Befragungsinhalten und sind daher nicht kontinuierlich verfügbar. In der Abbildung 11 sind aus dem Mikrozensus stammende Daten zur Entwicklung der Struktur der Beschäftigten nach Tätigkeiten im Produzierenden Gewerbe über die Jahre 1985, 1996 und 2004 grafisch dargestellt.

Hieraus wird der Trend hin zu einem größeren Anteil mit Dienstleistungstätigkeiten betrauter Mitarbeiter im Produzierenden Gewerbe ebenfalls deutlich. Dieser Entwicklungstrend wird auch mit dem Begriff der „inneren Tertiarisierung“ des industriellen Sektors umschrieben (Bosch/Wagner 2001; Schmidt 2000).

Abbildung 10



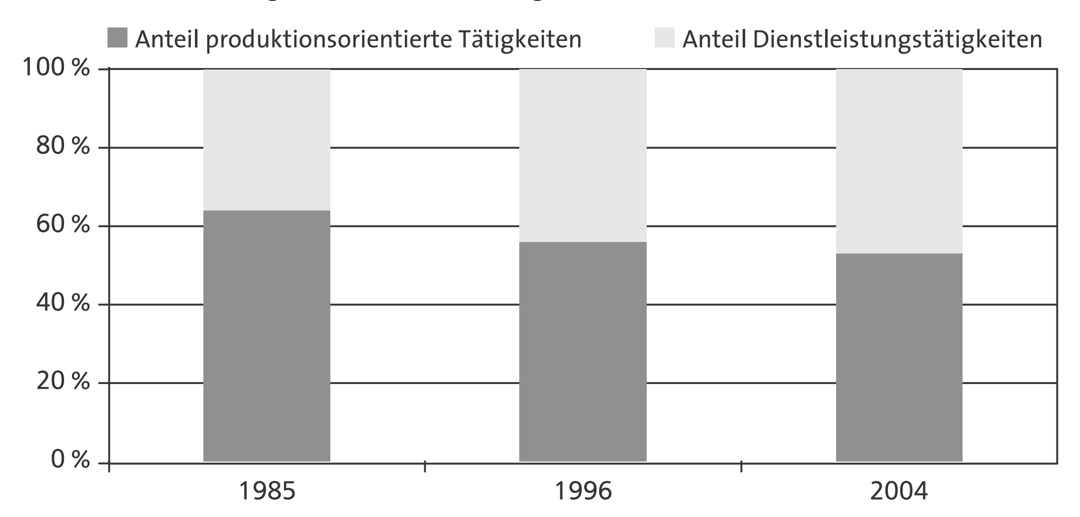
Struktur der Beschäftigung nach Berufen im Produzierenden Gewerbe



Quelle: Bundesagentur für Arbeit; eigene Berechnungen

Abbildung 11

Entwicklung der Struktur der Tätigkeiten im Produzierenden Gewerbe



Quelle: Bosch/Wagner 2001; eigene Berechnungen auf Basis von Mikrozensusdaten des Statistischen Bundesamtes 2002a in den alten Bundesländern

Der Befund der zunehmenden Bedeutung von Dienstleistungsarbeit im Produzierenden Gewerbe überrascht auf den ersten Blick, da aus der Industrie das Bestreben bekannt wurde, nicht kernkompetenzrelevante Aktivitäten abzugeben. Dieser Outsourcingprozess betrifft insbesondere Kantinen, Fuhrparks, Sicherheitsdienste und ähnliche Bereiche (u. a. Zahn/Soehnle 1996), also vornehmlich Dienstleistungsarbeiten, die an spezialisierte Unternehmen des Dienstleistungssektors abgegeben werden. Offensichtlich wächst aber die Dienstleistungsarbeit in der Industrie trotz des parallel stattfindenden Outsourcings. Dies lässt sich nur so interpretieren, dass die Industrie gleichzeitig Dienstleistungsarbeit auf- und abbaut, wobei der Aufbau den Abbau überkompensiert. Der wachsende Bereich der Dienstleistungsarbeit in der Industrie scheint dabei das Feld der produktbegleitenden Dienstleistungen zu sein (u. a. Lay/Jung Erceg 2002). Hier offeriert die Industrie ihren Kunden in zunehmendem Maße komplette Problemlösungen aus Sachgütern und Dienstleistungen wie Anlagen mit definierten Servicevereinbarungen und -garantien (Service-Level-Agreements), Maschinen mit Finanzdienstleistungen oder den kompletten Betrieb von Maschinen und Anlagen für den Kunden (Betreibermodelle).

Im Folgenden soll daher zwischen Dienstleistungsarbeit im industriellen Sektor unterschieden werden, die einen relativ schwachen Bezug zum in dem jeweiligen produzierenden Unternehmen hergestellten Produkt hat, und solchen Dienstleistungstätigkeiten, die ohne Kenntnisse aus der Produktion nur unzureichend zu erfüllen wären:

– Dienstleistungen ohne Bezug zum industriellen Produkt, das in den jeweiligen produzierenden Unternehmen hergestellt wird, sind beispielsweise Reinigungsarbeiten, Kantinentätigkeiten, Sicherheitsdienste, Fuhrparktätigkeiten.

– Dienstleistungen mit direktem Bezug zum industriellen Produkt, die gegenüber den Kunden des Industriebetriebes erbracht werden, sind zum Beispiel Entwicklungsleistungen, Beratungsleistungen, Schulungstätigkeiten, Reparaturleistungen, Inbetriebnahmearbeiten.

Die quantitative Entwicklung dieser beiden Arten von Dienstleistungen im produzierenden Sektor ist gegenläufig: Dienstleistungen ohne Bezug zum industriellen Produkt werden im Zuge der Konzentration der Industriebetriebe auf ihre Kernkompetenzen zunehmend ausgelagert. Spezielle Dienstleistungsfirmen übernehmen diese Funktionen, wodurch der Beschäftigungsanteil des Dienstleistungssektors an der Volkswirtschaft wächst. Im Gegensatz dazu gewinnen Dienstleistungen mit direktem Bezug zum industriellen Produkt an Bedeutung. Im Bestreben, sich vom Sachguthersteller zum Problemlöser für ihre Kunden zu wandeln, bauen Industriebetriebe diese produktbegleitenden Dienstleistungen systematisch aus. Dienstleistungsarbeit im sekundären Sektor mit direktem Bezug zum industriellen Produkt ist von daher ein Feld, das zunehmende Relevanz erhält und die innere Tertiarisierung trägt.

Vor diesem Hintergrund soll im Weiteren den Fragen nachgegangen werden,

– welche Bereiche des Produzierenden Gewerbes und welche Personengruppen in diesen Sektoren von der inneren Tertiarisierung in besonderem Maße tangiert sind und

– welche Auswirkungen die innere Tertiarisierung auf die betroffenen Formen der Industriearbeit hat und in Zukunft verstärkt haben wird.

2.2 Betroffene Sektoren und Personengruppen

Einen ersten Anhaltspunkt zur Beantwortung der Frage, welche Sektoren von der inneren Tertiarisierung der Industriearbeit stärker und welche schwächer betroffen sein könnten, liefert die 2002 vom Statistischen Bundesamt durchgeführte Sondererhebung „Produktbegleitende Dienstleistungen bei Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes und des Dienstleistungssektors“ (Statistisches Bundesamt 2004). In dieser Sondererhebung wurden die Umsätze mit produktbegleitenden Dienstleistungen erfasst und in Relation zu den Gesamtumsätzen der Sektoren dargestellt. Die Abbildung 12 gibt das dabei erzielte Ergebnis grafisch wieder.

Aus dieser Darstellung wird deutlich, dass im Mittel des Verarbeitenden Gewerbes die Umsätze mit produktbegleitenden Dienstleistungen bei lediglich 3,8 Prozent liegen. Im Vergleich der Sektoren zeigen sich jedoch deutliche Unterschiede. Besonders relevant sind die Umsätze mit produktbegleitenden Dienstleistungen beispielsweise für die Hersteller von Geräten der Elektrizitätserzeugung, -verteilung u. Ä. (NACE 31), die fast 20 Prozent ihrer Umsätze mit derartigen Dienstleistungen erzielen. Circa 10 Prozent Umsatz mit produktbegleitenden Dienstleistungen erwirtschaften die Hersteller von medizintechnischen, mess-, steuer- und regelungstechnischen bzw. optischen Produkten (NACE 33), der Sonstige Fahrzeugbau (NACE 35) sowie der Maschinenbau (NACE 29). Mit weniger als 1 Prozent Dienstleistungsumsatz rangieren beispielsweise die Automobilindustrie (NACE 34), das Druck- und Verlagsgewerbe (NACE 22) oder die Chemische Industrie (NACE 24) am Ende der Rangreihe.

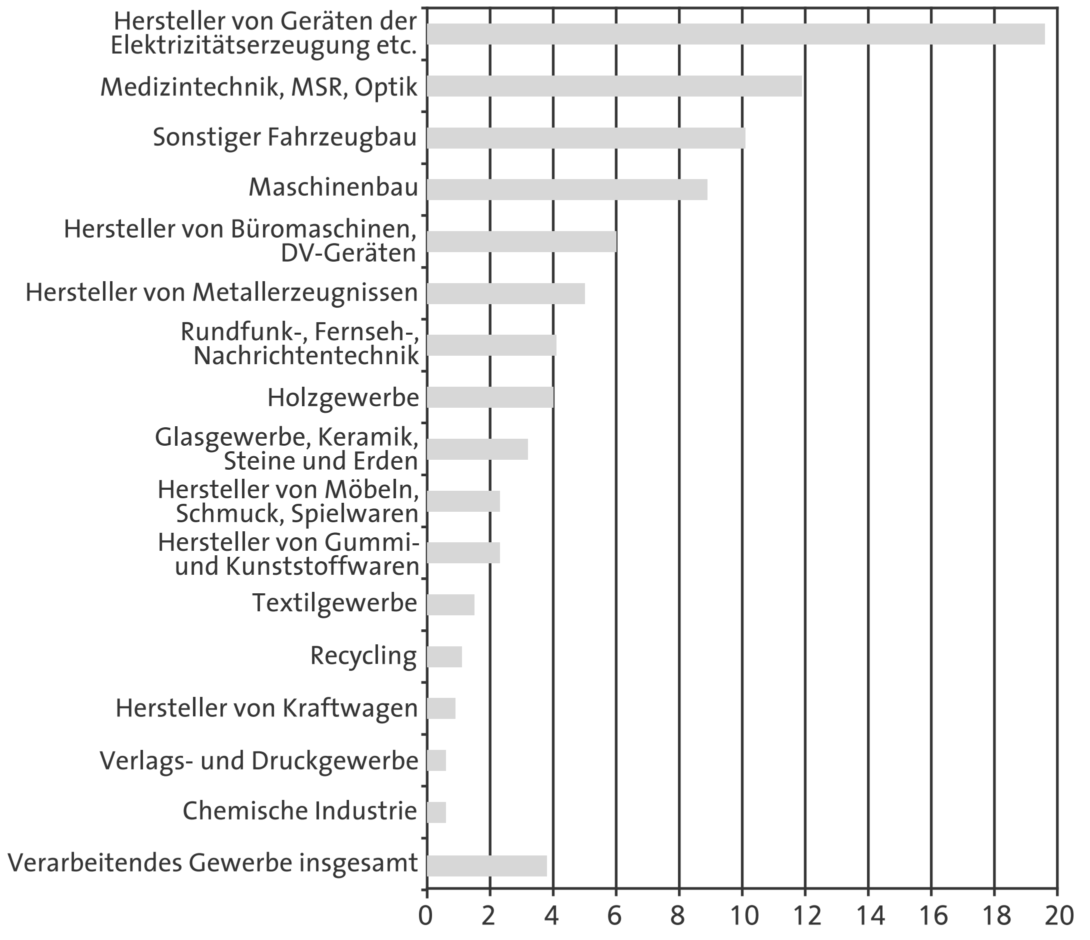
Die Umsatzanteile produktbegleitender Dienstleistungen sind für die Relevanz dienstleistungsorientierter Tätigkeiten in den verschiedenen Teilbereichen des Produzierenden Gewerbes jedoch aus mindestens zwei Gründen ein unzureichender Indikator:

– Zum Ersten werden wesentliche Teile der aus Dienstleistungen der Industrie stammenden Umsätze nicht dezidiert als solche ausgewiesen und sind daher statistisch auch nicht fassbar. Der Grund hierfür ist in der Tatsache zu suchen, dass die Industriekundschaft nur begrenzt bereit ist, für produktbegleitende Dienstleistungen gesondert Zahlungen zu leisten. Daher werden wesentliche Teile realer Dienstleistungsumsätze in den Preisen für die Lieferung von Industrieprodukten „versteckt“. Die Umsätze mit produktbegleitenden Dienst-

Abbildung 12



Anteil des Umsatzes mit produktbegleitenden Dienstleistungen am Gesamtumsatz nach Wirtschaftsbereichen



Quelle: Statistisches Bundesamt 2004; eigene Darstellung

leistungen sind also höher, als es die Statistik ausweist.

– Zum Zweiten ist die Arbeitsproduktivität bei der Erbringung von Dienstleistungen niedriger als die Arbeitsproduktivität bei der Herstellung von Industrieprodukten. In den Preisen von Industrieprodukten sind zu wesentlichen Anteilen Rohstoffpreise und die Beschaffungskosten von Zulieferteilen enthalten. Darüber hinaus sind in den Industrieprodukten im Gegensatz zu Dienstleistungsprodukten auch zu höheren Anteilen Abschreibungen auf die Nutzung von Maschinen und Anlagen zur Herstellung der Produkte zu verrechnen. All dies führt dazu, dass die im Umsatzanteil mit produktbegleitenden Dienstleistungen zum Ausdruck kommende Relevanz geringer ist als die Personalrelevanz dieser Leistungen.

Zur quantitativen, personalbezogenen Relevanz produktbegleitender Dienstleistungen in der Industrie finden sich Anhaltspunkte in den Trendreports zur Entwicklung und Nutzung von Humanressourcen (Lay/Rainfurth 2002). Danach waren in der Investitionsgüterindustrie 1997 7 Prozent der Beschäftigten mit der Erbringung produktbegleitender Dienstleistungen betraut. Hochgerechnet auf die knapp 3,3 Millionen Beschäftigten in Betrieben der Investitionsgüterindustrie (mit 20 und mehr Beschäftigten) entsprechen diese 7 Prozent etwa 230 000 Mitarbeitern. Wie die Daten für 2001[9] zeigen, wächst diese Zahl deutlich an: Zu diesem Zeitpunkt übten 9 Prozent aller Beschäftigten in der Investitionsgüterindustrie produktbegleitende Dienstleistungen aus, was in Absolutzahlen mehr als 300 000 Beschäftigten entspricht.

Überträgt man diese Relationen aus der Investitionsgüterindustrie auf das Produzierende Gewerbe insgesamt und rechnet mit den Daten der Erwerbstätigenstatistik, in der alle Erwerbstätigen unabhängig von der Größe ihrer Betriebe geführt werden, so ergibt sich folgendes Bild: Im

[9] Aktuellere Daten dazu sind derzeit noch nicht verfügbar.

Produzierenden Gewerbe waren 2001 etwa 11,9 Millionen Erwerbstätige ausgewiesen. Unterstellt man dass analog zur Investitionsgüterindustrie 9 Prozent dieser Erwerbstätigen mit produktbegleitenden Dienstleistungsarbeiten betraut sind, so entspräche dies etwa 1,1 Millionen Arbeitskräften. Dienstleistungen mit direktem Bezug zum industriellen Produkt, die gegenüber den Kunden des Industriebetriebes erbracht werden, wie zum Beispiel Beratungsleistungen, Schulungstätigkeiten, Reparaturleistungen, Inbetriebnahmearbeiten etc., sind vor dem Hintergrund dieses Zahlenmaterials ein in hohem Maße volkswirtschaftlich relevanter Faktor, dessen Bedeutung weiter ansteigt.

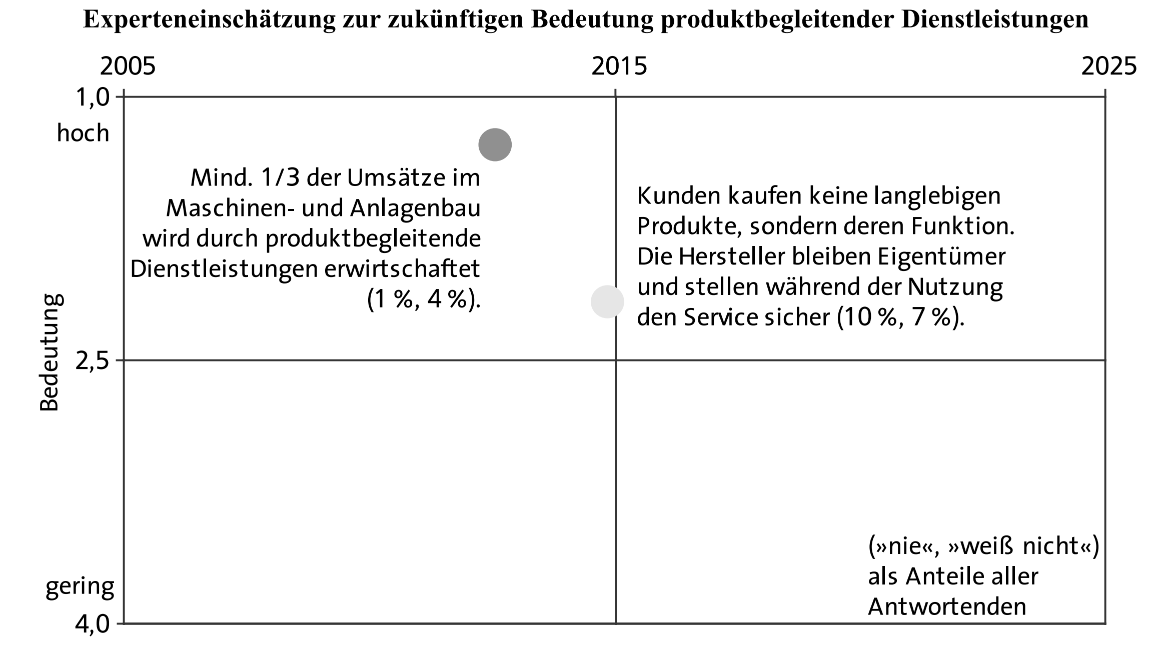
Dass produktbegleitende Dienstleistungen im Verarbeitenden Gewerbe mit hoher Wahrscheinlichkeit auch zukünftig an Bedeutung gewinnen werden, zeigen die Einschätzungen der deutschen Produktionsexperten, die an der europäischen Delphi-Studie zur Zukunft der Produktion (Fraunhofer ISI 2005) teilgenommen haben. Demnach wird die These, dass der Maschinen- und Anlagenbau zukünftig mindestens ein Drittel seiner Umsätze mit produktbegleitenden Dienstleistungen erwirtschaftet, von den befragten Experten stark unterstützt und nur von etwa 1 Prozent abgelehnt (Abbildung 13). Diese Steigerung der Umsätze vom heutigen Ausgangsniveau von etwa 9 Prozent im Maschinen- und Anlagenbau (Statistisches Bundesamt 2004, Abbildung 12) wird von den Experten bereits etwa im Jahr 2013 erwartet. Zudem wird der Realisierung dieser These für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus eine sehr hohe Bedeutung zugemessen. Etwas weniger euphorisch wird die These eingeschätzt, wonach zukünftig überwiegend nur noch die Funktion der Produkte „gekauft“ wird und das Produkt Eigentum des Herstellers bleibt, der dafür den erforderlichen Service sicherzustellen hat. Diese deutlich radikalere These zur zukünftigen Bedeutung des Nutzenverkaufs als avancierte Form hybrider Produkt-Dienstleistungs-Kombinationen wird von 10 Prozent der befragten Experten abgelehnt. Dennoch wird auch diese vergleichsweise radikale These als überdurchschnittlich bedeutend für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit des Verarbeitenden Gewerbes eingeschätzt und um etwa 2015 erwartet.

Insgesamt signalisieren die dargestellten Delphi-Ergebnisse eindeutig, dass produktbegleitende Dienstleistungen auch zukünftig einen hohen Stellenwert für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen produzierenden Industrie einnehmen und voraussichtlich auch weiterhin stark an Bedeutung gewinnen werden. Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass die volkswirtschaftliche Bedeutung produktbegleitender Dienstleistungen weiter zunehmen wird und in Zukunft noch deutlich mehr Beschäftigte im Verarbeitenden Gewerbe als bislang bereits produktbegleitende Dienstleistungen erbringen werden.

Um einzugrenzen, welche Mitarbeitergruppen von der inneren Tertiarisierung der Industriearbeit tangiert sind, ist es hilfreich, sich die Arten zu erbringender produktbegleitender Dienstleistungen vor Augen zu führen. Unterschieden werden hier produktbegleitende Dienstleistungen, die vor dem Verkauf des Sachgutes, während seiner Herstellung und Nutzung sowie nach Ablauf der wirtschaftlichen Nutzungsdauer greifen (z. B. Lay/Rainfurth 2001). Beispiele sind neben den klassischen Schulungs-, Wartungs-, und Instandhaltungsangeboten auch Engineering-Leistungen, Betreibermodelle, Finanzdienstleistungen, Upgrading, Rücknahme und Entsorgung der Produkte (Abbildung 14).

Abbildung 13

Experteneinschätzung zur zukünftigen Bedeutung produktbegleitender Dienstleistungen



Quelle: Fraunhofer ISI 2005; eigene Berechnungen

Abbildung 14

Phasen und Arten produktbegleitender Dienstleistungen



Quelle: Lay/Rainfurth 2002

Als Mitarbeitergruppen, die diese Arten produktbegleitender Dienstleistungen in Industriebetrieben typischerweise ausführen, sind hier insbesondere die folgenden zu benennen (Jung Erceg 2005):

– Ein erstes Anforderungsprofil fasst die Aufgaben zusammen, die in starkem Maße beziehungsorientiert sind, jedoch eine vergleichsweise geringe Komplexität aufweisen. Hier handelt es sich vor allem um Aufgaben im Bereich der Vermarktung produktbegleitender Dienstleistungen. Die Mitarbeiter, die diese Aufgabe erfüllen sollen, müssen hohe Kommunikationsleistungen erbringen. Fachliche Kompetenz ist zwar erforderlich, die Eindringtiefe in die Materie kann jedoch begrenzt bleiben. Üblicherweise finden sich diese Mitarbeiter im Vertrieb der Industriefirmen.

– Ein zweites Anforderungsprofil bündelt die Dienstleistungstätigkeiten, für die eine Mischung aus Aufgaben- und Beziehungsorientierung charakteristisch ist und die gleichzeitig eine mittlere bis hohe Komplexität aufweisen. Hierunter sind die Mitarbeiter im Engineering-Bereich zu subsumieren, die produktvorgelagerte Entwicklungs- und Konstruktionsleistungen erbringen. Sie sind Dienstleistungskommunikatoren und -erbringer zugleich, was impliziert, dass ihre Tätigkeit sowohl beziehungs- als auch aufgabenorientiert ist. Im Vergleich zu Vermarktungsaufgaben weisen die Engineering-Aufgaben eine sehr viel höhere Komplexität auf. Diese Mitarbeitergruppe ist in Industriebetrieben in der Entwicklung und Konstruktion angesiedelt.

– Ein drittes Anforderungsprofil ist im Vergleich zu den ersten beiden Profilen sehr viel stärker aufgabenorientiert. Die Komplexität der Aufgaben ist hier potenziell am höchsten. Dienstleistungstätigkeiten dieser Art umfassen vor allem die Aufgabenbereiche der Servicetechniker, die eine eigenständige Fehlersuche und -behebung bei den Kunden durchzuführen haben. Dies betrifft einerseits die Montage und Inbetriebnahme von Anlagen, andererseits das Störfallmanagement im laufenden Betrieb durch Wartungspersonal.

2.3 Auswirkungen der Tertiarisierung der Industriearbeit auf die Arbeitskräfte

Veränderung der Tätigkeitsinhalte

Veränderungen in den Tätigkeitsinhalten der in der Industrie Beschäftigten durch die innere Tertiarisierung sind insbesondere davon abhängig, wie die zusätzlich entstehenden Arbeitsinhalte organisatorisch zugeordnet werden. Hier stehen folgende Möglichkeiten zur Wahl (u. a. Lay/Rainfurth 2002, Rainfurth et al. 2005):

– Zum Ersten können die Dienstleistungsfunktionen in bestehende, für die Sachgutproduktion gebildete Abteilungen, integriert werden. Die Mitarbeiter dieser Abteilungen übernehmen neben ihren produktorientierten Aufgaben dann auch Dienstleistungstätigkeiten. Konstruktionsmitarbeiter sind nach diesem Konzept beispielsweise für die technische Kundenberatung zuständig, Mitarbeiter der Entwicklung schulen die Kunden und Mitarbeiter der Produktion, nehmen die Maschinen in Betrieb und warten sie beim Kunden. Bei dieser Form der organisatorischen Eingliederung kommt es (soweit keine abteilungsinterne Spezialisierung vollzogen wird) zu breiteren Tätigkeitszuschnitten für die in der Industrie beschäftigten

Mitarbeiter der konstruktiven, vertriebsorientierten und produzierenden Abteilungen.

– Zum Zweiten können für die Dienstleistungen eigenständige Abteilungen gebildet werden. Bei dieser organisatorischen Variante tritt neben die sachgutproduzierenden Abteilungen wie Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Fertigung und Montage ein neuer Dienstleistungsbereich, dem alle mit der Erbringung produktbegleitender Leistungen beschäftigten Mitarbeiter zugeordnet werden. Hier kommt es dann zu spezialisierten Tätigkeitsmustern. Die Stammfunktionen der Industriearbeit bleiben weitgehend unberührt.

– Als dritte Möglichkeit können für die Erbringung produktbegleitender Dienstleistungen spezielle Tochter- oder Schwesterunternehmen gegründet werden. Diese Form der Organisation der Dienstleistungen rund um das eigene Produkt geht im Vergleich zur Bildung eigenständiger Dienstleistungsbereiche noch einen Schritt weiter. Die Verbindung zum Produktionsunternehmen ergibt sich hier lediglich über Kapitalverflechtungen oder durch die Besitzverhältnisse. Die Wirkungen auf die Tätigkeitszuschnitte sind denen der zweiten Alternative vergleichbar.

– Eine vierte Alternative sieht das Outsourcing der produktbegleitenden Dienstleistungen vor. Fremdfirmen erbringen die Leistungen im Unterauftrag der Industrie. Hier handelt es sich also um die Vermeidung der inneren Tertiarisierung.

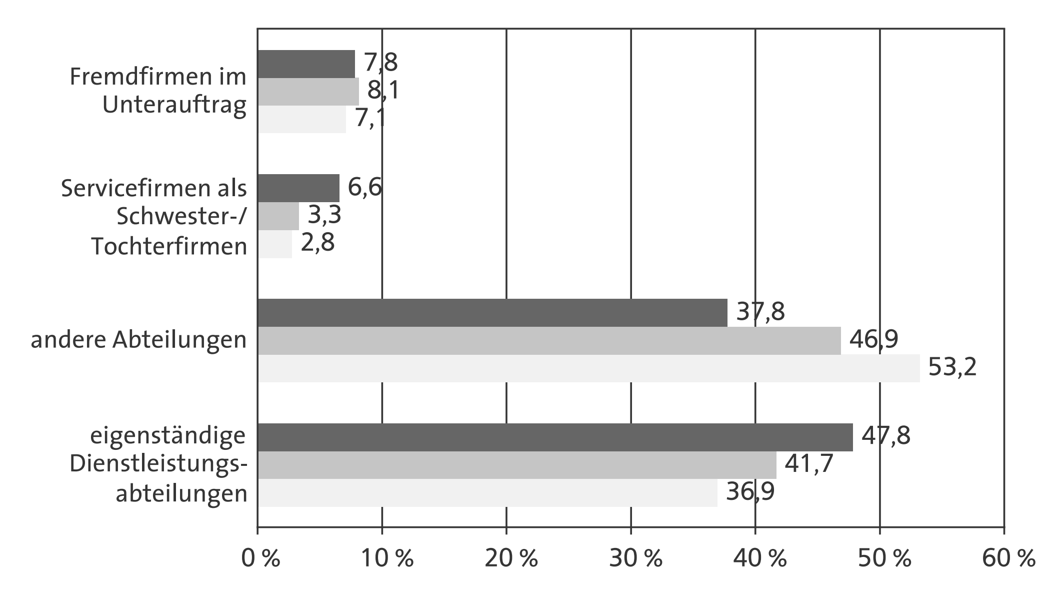
Wie Auswertungen der Erhebung „Innovationen in der Produktion 1999“[10] zeigten (Lay/Rainfurth 2002), finden sich die beschriebenen Alternativen 1 und 2 in der industriellen Praxis nahezu gleichgewichtig. Die Alternativen 3 und 4 nehmen dagegen bislang einen deutlich untergeordneten Rang ein. Aus der Abbildung 15 geht hervor, dass die Wahl zwischen Alternative 1 und Alternative 2 insbesondere vom Grad der erreichten inneren Tertiarisierung abzuhängen scheint: In Firmen mit niedrigen Anteilen mit produktbegleitenden Dienstleistungen beschäftigter Mitarbeiter (unter 5 Prozent) werden lediglich 37 Prozent dieser Leistungen in eigenständigen Dienstleistungsabteilungen erbracht. Dagegen werden in Unternehmen, die 5 bis 10 Prozent ihrer Mitarbeiter im Bereich produktbegleitender Dienstleistungen einsetzen, 42 Prozent der Dienstleistungen in speziellen Abteilungen erbracht. Dieser Anteil steigt in Unternehmen, die über 10 Prozent Dienstleistungsbeschäftigte haben, auf nahezu die Hälfte (48 Prozent). Spiegelbildlich sinkt mit wachsendem Anteil der Dienstleistungsbeschäftigten die Quote der Erbringung dieser Leistungen in klassischen produzierenden Abteilungen.

Dieses Ergebnis kann als Indiz dafür gewertet werden, dass in der Zwischenzeit die innere Tertiarisierung in mehr als der Hälfte der Industriebetriebe zu breiteren Tätigkeitsbildern der Beschäftigten in den tangierten Bereichen geführt haben dürfte. Es deutet jedoch auch darauf hin, dass dies möglicherweise ein Übergangszustand ist, der mit fortschreitender innerer Tertiarisierung wieder zugunsten spezialisierterer Tätigkeitsmuster aufgelöst wird.

[10] Aktuellere Daten zu dieser spezifischen Fragestellung sind nicht verfügbar.

Abbildung 15

Organisation produktbegleitender Dienstleistungen und Anteil der Dienstleistungsbeschäftigten



Quelle: Lay/Rainfurth 2002

Wenn die produktbegleitenden Dienstleistungen in der Industrie, wie von den Delphi-Experten prognostiziert, weiter an Gewicht gewinnen werden, dann ist anzunehmen, dass auch die Gründung eigenständiger Abteilungen weiter voranschreitet und so die in vielen Betrieben existente Mischung aus produzierenden und dienstleistenden Tätigkeiten auf der Ebene einzelner Funktionsträger wieder zurückgeführt wird.

Veränderte Qualifikationsanforderungen

Die aus den veränderten Tätigkeitsinhalten (s. o.) sich andeutenden Veränderungen der Qualifikationsanforderungen im Zuge der inneren Tertiarisierung werden für die im Außendienst tätigen Servicemitarbeiter im Maschinen- und Anlagenbau bei Luczak (1999, S. 105) folgendermaßen umschrieben: „Im Idealfall ist er (der Servicemitarbeiter) Kundenberater, Problemlöser und unter Umständen sogar Verkäufer in einer Person. Er ist versiert auf den Gebieten der Elektrik und Elektronik sowie der Mechanik und Mechatronik. Er spricht alle Weltsprachen und ist mit fremdländischen Kulturen und Gebräuchen bestens vertraut. Er lernt schnell, bringt sich alle notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten selbst bei und ist als Pädagoge auch in der Lage, sein Wissen an den Kunden und an Kollegen weiterzugeben. Außerdem zeichnet er sich durch Einsatzbereitschaft, Loyalität und Sensibilität für die die Wünsche des Kunden aus. Nicht zuletzt ist der ›ideale‹ Servicetechniker auch an der Grenze seiner Belastbarkeit stets freundlich“.

Um vor diesem Hintergrund einen Anhaltspunkt zur Entwicklung der formalen Qualifikationsanforderungen bei einer steigenden Dienstleistungsorientierung in der Industrie zu gewinnen, wurden von Lay/Rainfurth (2002) auf der Grundlage der in der Erhebung „Innovationen in der Produktion 1999“ des Fraunhofer ISI gewonnenen Datenbasis die Zusammenhänge zwischen einem hohen Anteil produktbegleitender Dienstleistungen an den Umsätzen der Industriebetriebe und der Struktur der Beschäftigten nach ihrer Formalqualifikation betrachtet. Die Formalqualifikation der Mitarbeiter wurde in dieser Erhebung durch die prozentualen Anteile von Mitarbeitern mit einer Hochschulausbildung, einer Fachhochschul- bzw. Technikerausbildung, einer kaufmännischen Lehre, einer technisch-gewerblichen Lehre sowie der An- und Ungelernten operationalisiert. Um die Effekte einer steigenden Dienstleistungsorientierung der Industriebetriebe auf die Personalstruktur analysieren zu können, wurden die Betriebe in drei Gruppen mit unterschiedlich hohen Dienstleistungsumsätzen eingeteilt. Für diese Gruppen ergaben sich folgende durchschnittlichen Qualifikationsstrukturen der Belegschaften (Abbildung 16):

– In Betrieben mit einem geringen Anteil produktbegleitender Dienstleistungen am Umsatz (bis 2 Prozent) haben 7 Prozent der Beschäftigten einen Hochschulabschluss und 13 Prozent eine Fachhochschul- bzw. Technikerausbildung. Eine kaufmännische Lehre haben 12 Prozent, eine technisch-gewerbliche Lehre 42Prozent der Mitarbeiter erfolgreich absolviert. Die Gruppe der An- und Ungelernten macht hier 21 Prozent aus.

– In Betrieben mit im Mittel liegenden Umsatzanteilen produktbegleitender Dienstleistungen (3 bis 5 Prozent) verfügen 9 Prozent der Belegschaft über einen Hochschulabschluss. Einen Fachhochschulabschluss bzw. eine Technikerausbildung weisen 15 Prozent auf. In kaufmännischen Berufen sind 12 Prozent, in technisch-gewerblichen Berufen 46 Prozent qualifiziert. Die Quote der An- und Ungelernten liegt bei 13 Prozent.

– In Betrieben mit einem vergleichsweise hohen Anteil produktbegleitender Dienstleistungen an den Umsätzen (über 5 Prozent) arbeiten 11 Prozent der Beschäftigten mit einem Hochschulabschluss und 17 Prozent mit dem Abschluss an einer Fachhochschule bzw. einer Technikerschule. 13 Prozent haben eine kaufmännische, 45 Prozent eine technisch-gewerbliche Ausbildung durchlaufen. Lediglich 9 Prozent der Mitarbeiter sind An- und Ungelernte.

Generell gilt damit, dass mit steigender Dienstleistungsorientierung die Quote der Mitarbeiter mit einem Hochschul-, Fachhochschul- bzw. Technikerabschluss steigt. Unabhängig vom Anteil produktbegleitender Dienstleistungen am Umsatz ist die Anzahl der Mitarbeiter mit einer kaufmännischen Lehre. An- oder ungelernte Mitarbeiter werden mit zunehmender Dienstleistungsintensität immer weniger benötigt. Damit zeigt sich, dass der Übergang der Sachguthersteller zum Problemlöser durch das ergänzende Angebot von immateriellen Leistungen den Bedarf der Betriebe an hoch- und höchstqualifizierten Arbeitskräften erhöht.

Der sinkende Anteil an- und ungelernter Arbeitskräfte bei steigender Dienstleistungsorientierung der Betriebe wird weiter dadurch unterstrichen, dass insbesondere in mittleren und größeren Betrieben, die den Großteil der Industriebeschäftigten auf sich vereinen, die Nachfrage nach diesen geringer qualifizierten Mitarbeitern am stärksten abnimmt (Abbildung 17):

– In kleineren Betrieben (unter 100 Beschäftigte) sinkt die Quote der An- und Ungelernten mit zunehmenden Anteilen produktbegleitender Dienstleistungen von 17 auf 9 Prozent.

– In mittelgroßen Betrieben (100 bis unter 500 Beschäftigte) verringert sich der Anteil an- und ungelernter Arbeitnehmer mit steigender Bedeutung der Dienstleistungen von 26 auf 8 Prozent.

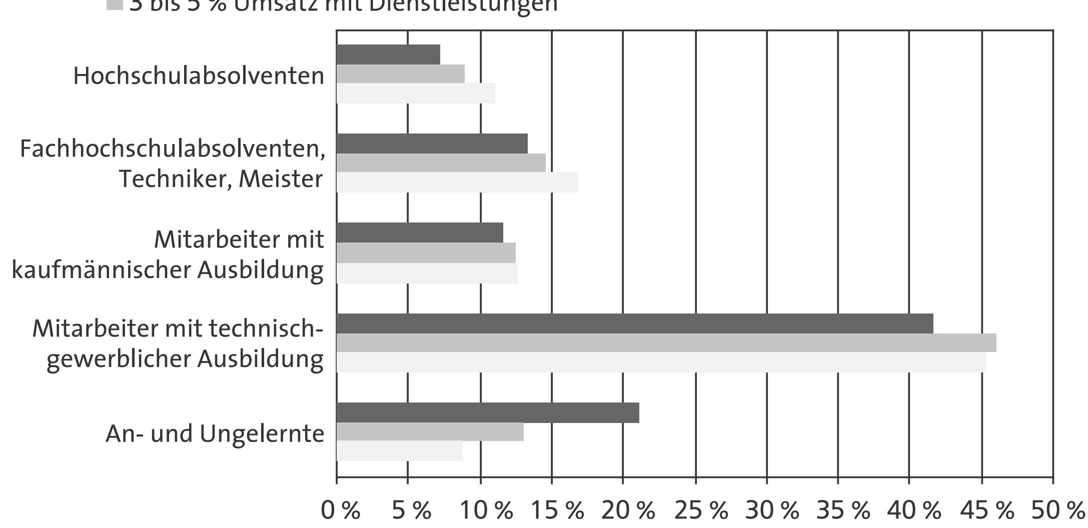
– In größeren Betrieben (500 und mehr Beschäftigte) fällt die Quote an- und ungelernter Arbeitskräfte mit wachsenden Dienstleistungsumsätzen von 28 auf 10 Prozent.

In mittleren und größeren Betrieben sind damit die An- und Ungelerntenquoten mit steigender Dienstleistungsorientierung von einem vergleichsweise hohen Ausgangsniveau um 18 Prozent-Punkte, in kleineren Betrieben von einem geringeren Ausgangsstand um lediglich 8 Prozent-Punkte geschrumpft. Bei hoher Dienstleistungsorientierung beträgt der Anteil An- und Ungelernter unabhängig von der Betriebsgröße noch maximal 10 Prozent.

Abbildung 16

Qualifikationsstruktur und Umsätze mit produktbegleitenden Dienstleistungen

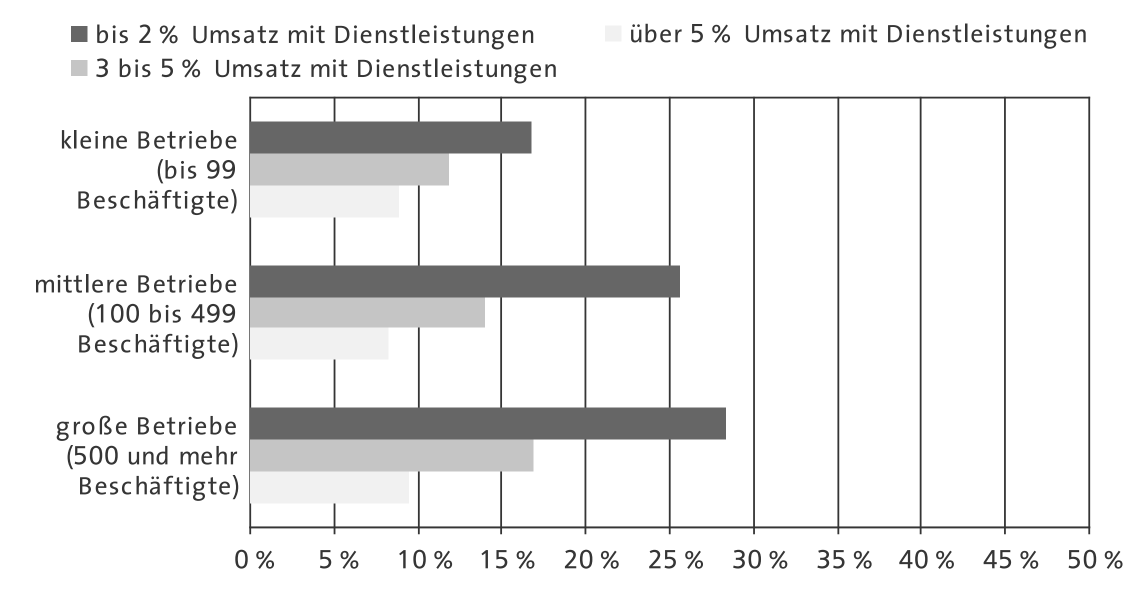




Quelle: Lay/Rainfurth 2002

Abbildung 17

Anteil An- und Ungelernter und Umsätze mit produktbegleitenden Dienstleistungen



Quelle: Lay/Rainfurth 2002

Die Veränderungen im Qualifikationsbedarf beim Übergang zu einer Verstärkung des Angebots produktbegleitender Dienstleistungen stellen sich im Vergleich zwischen den verschiedenen Teilbranchen der Investitionsgüterindustrie unterschiedlich dar. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, dass die Qualifikationsstrukturen der Belegschaften auch ohne ein verstärktes Dienstleistungsangebot im Branchenvergleich differieren. Zum anderen sind die von Branche zu Branche neu aufgenommenen Dienstleistungsangebote jedoch auch so unterschiedlich, dass sich die daraus resultierenden Personalbedarfe in ihrem Qualifikationsprofil unterscheiden. Im Einzelnen stellt sich folgendes Bild dar:

Im Maschinenbau, mit einem im Branchenvergleich hohen Qualifikationsniveau der Beschäftigten, steigt die Facharbeiterquote mit zunehmender Dienstleistungsorientierung nunmehr unmerklich an (47 Prozent/49 Prozent/51 Prozent). Spiegelbildlich nimmt der im Maschinenbau traditionell nur unterdurchschnittlich repräsentierte Bereich der An- und Ungelernten kaum ab (12 Prozent/10 Prozent/5 Prozent). In der Gruppe der Fachhochschul- und Technikerschulabsolventen finden sich keine Effekte einer differierenden Dienstleistungsintensität. Mitarbeiter mit einer Hochschulausbildung nehmen für den Maschinenbau mit wachsender Hinwendung zur Dienstleistung zwar etwas an Bedeutung zu (7 Prozent/7 Prozent/10 Prozent), eine deutliche Verschiebung des Anteils dieser Mitarbeitergruppe an der Gesamtzahl der Beschäftigten ist jedoch auch hier nicht abzulesen (Abbildung 18).

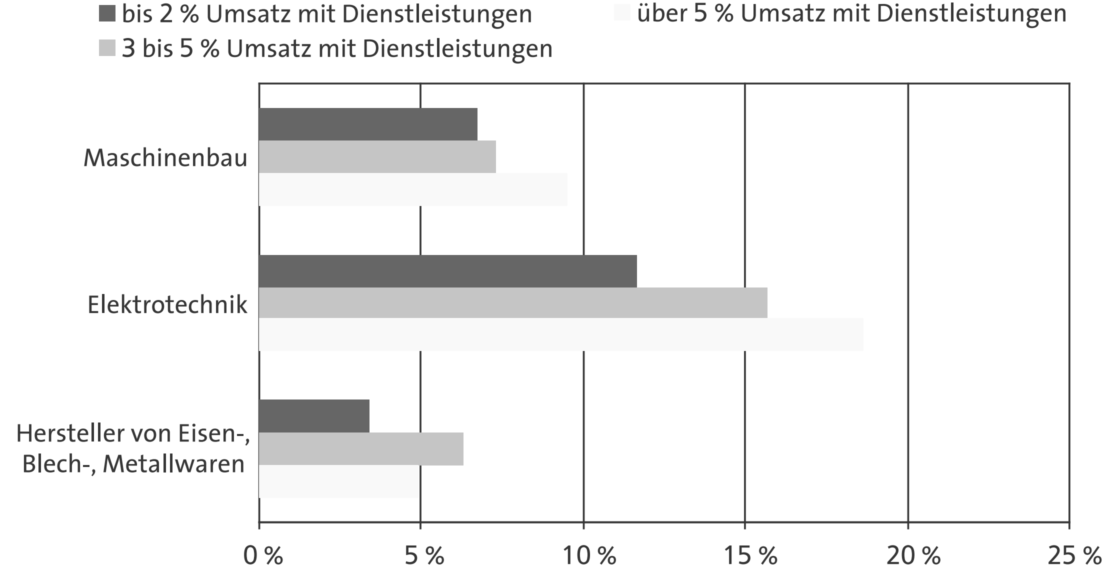
Als Fazit kann damit festgehalten werden: In Maschinenbaubetrieben ist die für die Sachgutproduktion erforderliche hohe Qualifikation der Mitarbeiter im Wesentlichen ausreichend für den bislang erfolgten Ausbau produktbegleitender Dienstleistungen. Diese derzeit noch genügende Basis könnte sich jedoch zukünftig als nicht mehr ausreichend herauskristallisieren, sollten die von den Experten angenommenen Steigerungen der Dienstleistungsumsätze im Maschinen- und Anlagenbau auf über ein Drittel bis zum Jahr 2013 (Abbildung 13) tatsächlich Realität werden.

In der elektrotechnischen Industrie, bei der im Gegensatz zum Maschinenbau die Facharbeiterquote geringer, die Quote der An- und Ungelernten höher und die „Akademisierung“ weiter fortgeschritten ist, hat der Ausbau produktbegleitender Dienstleistungen sehr viel weitergehende Wirkungen auf die Qualifikationsstruktur der Belegschaften. Der mit zunehmender Dienstleistungsorientierung zu beobachtende starke Rückgang der An- und Ungelernten (29 Prozent/24 Prozent/13 Prozent) führt hier nicht zu einer steigenden Facharbeiterquote (32 Prozent/29 Prozent/28 Prozent). Die in der elektrotechnischen Industrie als Dienstleistungsangebot besonders häufig anzutreffende Softwareproduktion erfordert, wenn sie in die Angebotspalette der Firmen integriert wird, Mitarbeiter mit Fachhochschul- bzw. Hochschulabschluss. Dies erklärt die in diesem Industriezweig mit einem breiter werdenden Dienstleistungsangebot überdurchschnittlich wachsende Bedeutung hochqualifizierter Beschäftigter: Der Anteil von Hochschulabsolventen liegt bei Betrieben mit geringen Umsätzen mit produktbegleitenden Dienstleistungen bereits bei 12 Prozent und steigt mit höheren Dienstleistungsumsätzen auf 16 Prozent und 19 Prozent (Abbildung 18). Die Quote der Mitarbeiter mit Fachhochschul- bzw. Technikerabschlüssen wächst parallel von 14 Prozent über 15 Prozent auf 23 Prozent.

Abbildung 18



Anteil der Mitarbeiter mit Hochschulabschluss und Umsätze mit produktbegleitenden Dienstleistungen



Quelle: Lay/Rainfurth 2002

In der Eisen-, Blech- und Metallverarbeitenden (EBM) Industrie mit einer im Vergleich zur elektrotechnischen Industrie ähnlich hohen Quote An- und Ungelernter, jedoch weit weniger Akademikern, ergibt sich ein relativ diffuses Bild der Wirkungen steigender Dienstleistungsumsätze auf die Qualifikation der Belegschaften. Die Anteile der Mitarbeiter mit einem Hochschulabschluss stagnieren auf geringem Niveau (3 bis 6 Prozent). Fachhochschulabsolventen und Techniker sind in Betrieben mit höheren Dienstleistungsumsätzen häufiger (9 gegenüber 13 Prozent). Die Facharbeiterquote liegt in Betrieben mit geringen Dienstleistungsanteilen bei 40 Prozent, steigt im Bereich durchschnittlich in Dienstleistungen engagierter Betriebe auf 51 Prozent und fällt bei sehr dienstleistungsorientierten Firmen wieder auf 42 Prozent. Eine vergleichbare Entwicklung ergibt sich im Bereich der An- und Ungelernten. Betriebe mit niedrigem Dienstleistungsanteil beschäftigen 31 Prozent An- und Ungelernte, Betriebe mit mittlerem Dienstleistungsanteil 10 Prozent und Betriebe mit hohem Dienstleistungsanteil 20 Prozent. Diese Zahlen legen nahe, dass in den verschiedenen Unternehmen der EBM-Industrie sehr spezifische Entwicklungen auf dem Weg zu mehr Dienstleistungsorientierung ablaufen, deren Effekte auf die benötigten Qualifikationen kein eindeutiges Bild erkennen lassen. Daher ist bislang für diesen Sektor auch nicht klar, wie sich die zukünftig prognostizierte Erhöhung der Dienstleistungsintensität hinsichtlich der benötigten Qualifikationsprofile auswirken könnte.

Die in den quantitativ-statistischen Analysen deutlich gewordene Anhebung des Qualifikationsniveaus in den Betrieben, die in überdurchschnittlichem Maße produktbegleitende Dienstleistungen erbringen, konnte in ersten Fallanalysen ergänzend aufgeklärt werden (Lay 1998; Lay et al. 2000; Rainfurth 2003). Es zeigte sich, dass auch hier zwischen verschiedenen Arten produktbegleitender Dienstleistungen zu unterscheiden ist:

– Zum einen existieren produktbegleitende Dienstleistungen, zu deren Erbringung eine Ingenieurqualifikation die Voraussetzung darstellt. Hierzu zählen beispielsweise Engineering-Leistungen. Mit dem Ausbau dieser Art der produktbegleitenden Dienstleistungen erhöht sich der Bedarf der Investitionsgüterbetriebe an Personal mit einer wissenschaftlichen Ausbildung.

– Zum anderen gibt es die produktbegleitenden Dienstleistungen Wartung, Störungsdiagnose, Inbetriebnahme, Betreibermodelle etc. Hier entwickelt sich der Qualifikationsbedarf der Betriebe weniger in die Tiefe einer wissenschaftlichen Spezialisierung als vielmehr in die Breite. Diejenigen Mitarbeiter, die für diese Arten von produktbegleitenden Dienstleistungen eingesetzt werden, müssen neben einer Facharbeiterqualifikation beispielsweise in einem Metallberuf zusätzliche Kenntnisse in der Elektrik und der Elektronik, der Kommunikationstechnik und betriebswirtschaftliche Grundkenntnisse erworben haben. Darüber hinaus ist es für sie wichtig, mit den Kunden kommunizieren zu können und die Fähigkeit haben, ein ausreichendes Maß an Empathie zu entwickeln.

Beide Entwicklungsrichtungen zusammen begründen die in den statistischen Auswertungen zutage getretenen und zukünftig aller Voraussicht nach noch weiter voranschreitenden Erhöhungen der Akademiker- und Facharbeiterquoten.

Von Spöttl et al. (2003) wurden in 20 betrieblichen Fallanalysen die Qualifikationsanforderungen für Dienstleistungen des Produzierenden Gewerbes vertieft untersucht. Dabei wurden die Wirkungen der Erbringung produktions- bzw. prozessbezogener Dienstleistungen auf der einen und kundenbezogener Dienstleistungen auf der anderen Seite unterschieden. Produktions- bzw. prozessbezogene Dienstleistungen gehen demnach einher mit neuen Anforderungen an die Industriearbeit in den Bereichen

– kostenbewusstes Handeln,

– Zusammenarbeit (Kommunikation, Kooperation) von und in Gruppen bzw. Teams, auch über Unternehmensbereiche hinweg, zur kooperativen Problemlösung,

– Planung und Organisation der Arbeitsabläufe, des Ressourcenverbrauchs etc. im eigenen Bereich bzw. im Team,

– geschäftsprozessorientiertes Handeln bei der Auftragsbearbeitung und der Prozessoptimierung sowie

– Anleitung von Kollegen, um Selbstqualifizierungsprozesse herauszufordern.

Kundenbezogene Dienstleistungen hätten hingegen eine etwas andere Ausrichtung. Im Zentrum des Handelns und damit der neuen Anforderungen stünden hier

– die Auftragsgewinnung und Auftragsbetreuung,

– die Kommunikation und Koordination hinsichtlich aller Auftragsdetails, um eine erfolgreiche Bearbeitung zu garantieren, sowie

– die Qualitätseinlösung durch Beratung des Kunden und fehlerfreie Lieferung.

Beide Dienstleistungsdimensionen seien infolge der inneren Tertiarisierung von zunehmender Relevanz für industrielle Berufsbilder und damit für die Berufsbildung. Bei der derzeitigen Berufsausbildung spielten Dienstleistungen noch eine unbedeutende Rolle. Sie fänden weder in den Lehrplänen noch in den Ausbildungsordnungen besondere Beachtung.

Weiter wird von diesen Autoren ausgeführt, dass sich die 1987 neugeordneten metalltechnischen Berufsbilder relativ eng auf technisch-funktionale Sachverhalte konzentrieren. Der übergeordnete Anspruch einer ganzheitlichen Vermittlung von funktionalen und systembezogenen Zusammenhängen erfolge eher technikzentriert, sodass er umfassend auf Prozesse bezogene Herausforderungen nicht in ausreichendem Maße berücksichtige. Die neuen Kernaufgaben der Facharbeit sowie die produktions-, prozess- und kundenbezogenen Dienstleistungen ergänzt um übergeordnete Dienstleistungsdimensionen erforderten mehr als nur ein Addieren der zugehörigen inhaltlichen

Schwerpunkte zu den Berufsbildern und Ausbildungsordnungen. Das vollständige Spektrum an relevanten Dienstleistungen lasse sich in der beruflichen Erstausbildung jedoch auch nicht mit verbesserten Ausbildungsgängen vermitteln. Es sei deshalb naheliegend, bei der Qualifizierung in drei Schritten vorzugehen:

– verstärkte Ausrichtung der beruflichen Erstausbildung auf die Vermittlung technischer Sachverhalte in Verbindung mit Dienstleistungskompetenzen;

– Vermittlung kundenbezogener und übergeordneter Dienstleistungen als Zusatzqualifikation gegen Ende der Ausbildung für die Zielgruppen, die hier besonders gefordert seien;

– Entwicklung eines Weiterbildungskonzepts, das eine prozessorientierte Entwicklung von Dienstleistungskompetenzen verfolgt und vor allem die Kategorien der übergeordneten Dienstleitungsfunktion vermittelt.

Praxisbeispiele für derartige Weiterbildungsmaßnahmen sind bislang in der Literatur selten beschrieben (z. B. Dickhardt et al. 2005; Fath/Schmitz 2005; Heet et al. 2005; Steinich 2005) und zeigen, dass hier noch eher Improvisation als eine methodisch-systematische Herangehensweise anzutreffen ist. Insbesondere ist bislang auch ungeklärt, wie das für produktbegleitende Dienstleistungen in besonderem Maße als relevant erkannte Erfahrungswissen (Pfeiffer 2000) vermittelt werden kann.

Abschließend sei zum Thema Qualifikationsveränderungen durch innere Tertiarisierung auf die Befunde von Schuh et al. (2004) hingewiesen, die zwei Dimensionen der Kompetenz unterscheiden, die resultierend aus einer zunehmenden Dienstleistungsorientierung auf die Mitarbeiter in produzierenden Unternehmen zukämen:

– Die sogenannte Tech-Dimension, die fachspezifische Anforderungen umfasst. Diese fachspezifischen Anforderungen leiten sich wiederum aus den inhaltlichen Anforderungen der zu erstellenden Dienstleistungen ab.

– Die sogenannte Touch-Dimension, die interaktionsspezifische Anforderungen beinhaltet. Hier wird auf die menschlich soziale Seite der Dienstleistungen abgehoben.

Als Fazit aus den zuvor dargestellten Befunden lässt sich festhalten, dass im Gegensatz zu vielen anderen Dienstleistungen die produktbegleitenden Dienstleistungen in der Industrie auf höher qualifiziertes Personal angewiesen sind (z. B. Bullinger/van Husen 2006).

Veränderte Arbeitszeiten

Bei einer fortschreitenden inneren Tertiarisierung der Industriearbeit sind hinsichtlich der Wirkungen auf die Arbeitszeiten zeitunkritische von zeitkritischen produktbegleitenden Dienstleistungen zu unterscheiden (Lay/Rainfurth 2002). Für eher zeitunkritische produktbegleitende Dienstleistungen wie Finanzierungsvermittlung, Beratung zur Produktauslegung, Softwareentwicklung, Modernisierung etc. müssen keine speziellen Arbeitszeitmodelle gefunden werden, da diese üblicherweise während der normalen Arbeitszeiten leistbar und vergleichsweise gut planbar sind, und im Regelfall auch keine extremen Auftragsschwankungen zu erwarten sind. Dagegen verlangen stark zeitkritische produktbegleitende Dienstleistungen wie Hotline, Reparatur und Wartung sowie zum Beispiel auch außerhalb der Normalarbeitszeit erbrachte Schulungen spezielle Arbeitszeitregelungen.

So ist zum einen davon auszugehen, dass es zu einer Verlängerung des Arbeitszeitkorridors in die Abendstunden und Wochenenden kommen wird. Da viele produktbegleitende Dienstleistungen außerhalb der normalen Betriebszeiten erbracht werden müssen, ist anzunehmen, dass es zu einem weiteren Anstieg der Wochenend- und Sonntagsarbeit in der Industrie kommen wird. So müssen Schnell- bzw. Notreparaturen meist dann erbracht werden, wenn der „Normalbetrieb“ Feierabend hat, Bestellungen und Reklamationen werden dann in Angriff genommen, wenn im Tagesgeschäft Ruhe eingekehrt ist. Schulungen des Personals der Kunden werden oft an Abenden und Wochenenden durchgeführt und das Angebot einer Hotline erfordert eine Rund-um-die-Uhr-Besetzung der telefonischen Auftragsannahme.

Da Dienstleistungen erst in dem Moment erbracht werden können, in dem der Kunde sie nachfragt und in Anspruch nehmen kann und keinerlei „Vorfertigung“ möglich ist, herrschen bei der Erbringung produktbegleitender Dienstleistungen extreme „Just-in-Time“-Bedingungen (JIT-Bedingungen). Bei zeitkritischen Dienstleistungen muss der Mitarbeiter, der die produktbegleitende Dienstleistung erbringen soll, genau in dem Moment verfügbar sein, in dem der Kunde sein Problem gelöst haben will. Dies führt zu diskontinuierlichen Arbeitszeiten und einer stärkeren Verbreitung von Bereitschaftsdiensten. In den qualifizierten Dienstleistungsbereichen gibt es kein vorhersagbares klares Tagespensum mehr. Die Arbeit wird unvorhersehbar (hierzu a. Grewer/Reindl 2003).

Eine weitere Besonderheit produktbegleitender Dienstleistungen ist die extreme Abhängigkeit der Arbeitszeitsouveränität vom Kundenproblem. Der Arbeitstag eines Servicemitarbeiters ist nicht dann zu Ende, wenn er seine tägliche Normalarbeitszeit erbracht hat, sondern dann, wenn das Kundenproblem gelöst ist. Dadurch kann es zu extrem langen Arbeitszeiten am Stück kommen. Dies gilt vor allem für Montage- und Reparaturarbeiten.

Daher ist zu erwarten, dass die Betriebe ihre Arbeitszeitmodelle bei fortschreitender innerer Tertiarisierung den neuen Erfordernissen anpassen werden:

– Um die für produktbegleitende Dienstleistungen notwendige Flexibilität der Arbeitszeitmodelle zu erreichen, werden Betriebe die Kernarbeitszeit, d. h. die Zeit, in der die Mitarbeiter an ihren Arbeitsplätzen anwesend sein müssen, reduzieren oder sogar ganz auf sie verzichten. Ausnahme werden Arbeitsplätze sein, bei denen der Wegfall von Kernarbeitszeiten zu einer Verschlechterung der Erreichbarkeit und zu Koordinationsproblemen führt, da persönliche Übergabe und Kommunikation schwieriger werden. Hier werden die

Betriebe sorgfältig abwägen müssen, ob die Konstanz der Ansprechpartner für den Kunden oder die zeitliche Flexibilität für die Einsatzbereitschaft auch an Abenden und Wochenenden wichtiger ist.

– Die Betriebe werden die Möglichkeit ausbauen, Zeitguthaben und -schulden auf einem Arbeitszeitkonto zu verwalten, um sowohl den Mitarbeitern als auch dem Betrieb die notwendige Flexibilität zum Ausgleich der mit produktbegleitende Dienstleistungen verbundenen starken Auftragsschwankungen zu geben. Das Flexibilitätsmaß wird dabei durch die Höhe der möglichen Arbeitszeitguthaben, die Länge des Zeitraums, innerhalb dessen die Zeitguthaben wieder abgebaut werden müssen (monatlich, jährlich, Lebensarbeitszeitmodell), sowie die Länge des Zeitraums, der am Stück genommen werden kann, um die Zeitguthaben wieder abzubauen, bestimmt.

– Ob die Mitarbeiter selbständig über Auf- und Abbau ihrer Zeitkonten entscheiden können, wird mitarbeiter- und dienstleistungsbezogen entschieden werden. Kann lediglich der Vorgesetzte über die Disposition der Arbeitszeit verfügen, so widerspricht dies den Anforderungen, die ansonsten an die kundennahen Mitarbeiter gestellt werden, nämlich selbstbestimmt als „Unternehmer im Unternehmen“ zu handeln. Die verstärkte Übernahme von Verantwortung kann nur glaubwürdig gefordert werden, wenn auch entsprechende Spielräume zur Gestaltung der Arbeitszeit und damit der Arbeitsprozesse bestehen. Neben der selbständigen Gestaltung des Auf- und Abbaus von Arbeitszeitguthaben wird diesen Mitarbeitern der notwendige Dispositionsspielraum über ihre Gleitzeit überlassen. Hier kann der Mitarbeiter sowohl über die Lage als auch über die Dauer der festgelegten täglichen Arbeitszeit entscheiden. Diese Entwicklung kann bis zu der Extremform der „amorphen Arbeitszeit“ gehen, bei der lediglich das in der Woche, im Jahr oder im Leben zu leistende Arbeitszeitvolumen festgelegt wird.

– Da die einseitige Disposition durch den Mitarbeiter mit dem Problem verbunden ist, unter Umständen nicht die zu einer bestimmten Zeit benötigten Mitarbeiter zur Verfügung zu haben, kann vermutet werden, dass sich in manchen Dienstleistungsbereichen die kapazitätsorientierte variable Arbeitszeit (KAPOVAZ) wieder ausbreitet. Dieses Modell erhöht die Zugriffsrechte des Arbeitgebers auf die Arbeitszeitgestaltung des Arbeitnehmers. Hier wird in einem Einzelarbeitsvertrag vereinbart, dass der Arbeitgeber die Arbeitszeit nach den betrieblichen Erfordernissen festlegen kann.

– Viele zeitkritische produktbegleitende Dienstleistungen fallen so selten an, dass es nicht sinnvoll ist, einen Mitarbeiter im Betrieb „auf Abruf“ einzusetzen. Eine Lösung dieses arbeitszeitorganisatorischen Dilemmas kann die Implementation eines Bereitschaftsdienstes sein, der von zu Hause aus Anrufe entgegen nimmt und seinen eigenen Einsatz koordiniert. Die Arbeitszeit dieser Mitarbeiter nähert sich den Bedingungen von Telearbeit an.

– Da viele produktbegleitende Dienstleistungen außerhalb des Betriebes erbracht werden müssen, nehmen die direkten Zeitkontrollmöglichkeiten durch die Arbeitgeber ab. Darum ist zu vermuten, dass sich individuelle Regelungen zur sogenannten „Vertrauensarbeitszeit“ bei Mitarbeitern, die produktbegleitende Dienstleistungen erbringen, weiter ausbreiten werden. In diesen Arbeitsverträgen wird nicht mehr die Zeit, sondern das Arbeitsergebnis festgelegt. Der Arbeitnehmer übernimmt in eigener Verantwortung die Gestaltung seiner Arbeitszeit.

– Zur Bewältigung eines Rund-um-die-Uhr-Service-Angebots wird auch wieder vermehrt die Einführung von Schichtsystemen mit all seinen negativen gesundheitlichen Auswirkungen auf die Arbeitnehmer erwogen werden.

Vor dem Hintergrund der zuvor skizzierten möglichen Effekte einer zunehmenden inneren Tertiarisierung der Industriearbeit wird sich unter den Mitarbeitern, die produktbegleitende Dienstleistungen erbringen, u. U. eine Polarisierung herausbilden: Es wird eine Gruppe von Arbeitnehmern geben, die mit einem hohen Flexibilitäts- und Selbstbestimmungsgrad ausgestattet ist und immer weniger kontrolliert wird. Diese Gruppe wird allerdings auch verstärkt den Gefahren der Selbstausbeutung, überlanger Arbeitszeiten, mangelnder Trennung von Arbeits- und Freizeit und damit dem Zugriff auf den gesamten Menschen ausgesetzt sein. Die Anforderungen an die Strukturierung der eigenen Arbeitszeit sowie der Fähigkeit zur Selbstdisziplinierung steigen für diese Mitarbeiter. Darüber hinaus wird diese Gruppe von Arbeitnehmern immer weniger an der betrieblichen Gemeinschaft partizipieren, da sich die Anwesenheitszeiten bei Reduzierung bzw. Wegfall der Kernzeiten immer weniger überlappen. Selbst die oft propagierte bessere Vereinbarkeit von Beruf und Familie durch flexible Arbeitszeiten gilt nur eingeschränkt, da mit flexiblen Arbeitszeiten auch schlechte Vorhersehbarkeit und damit Planbarkeit der Kinderbetreuung verbunden sind. Dagegen wird bei der Arbeitnehmergruppe, die ständige Ansprechbarkeit und Einsatzbereitschaft zum Beispiel für die Hotline oder den Rund-um-die-Uhr-Service gewährleisten muss, die Arbeitszeitsouveränität eher zurückgefahren. In diesen Bereichen werden sich die Betriebe wieder verstärkte Zugriffsmöglichkeiten auf die Einsatzbereitschaft ihrer Mitarbeiter durch KAPOVAZ-ähnliche Regelungen sichern.

2.4 Fazit: Innere Tertiarisierung und die Zukunft der Industriearbeit

Die für die nächsten Jahre in Zukunftsstudien und von Delphi-Experten als sehr wahrscheinlich angenommene weitere Bedeutungszunahme produktbegleitender Dienstleistungen hat vielfältige Auswirkungen auf die zukünftige Gestalt der Industriearbeit. Angesichts dieser Bedeutungszunahme des Dienstleistungsanteils an der Wertschöpfung werden produzierende Industrieunternehmen bestrebt sein, produktbegleitende Dienst- und Serviceleis-

tungen so professionell und produktiv wie möglich erbringen zu können. Dies könnte dazu führen, dass die Gründung eigenständiger Serviceabteilungen weiter voranschreitet und so die in vielen Betrieben existente Integration von produzierenden und dienstleistenden Tätigkeiten bei einzelnen Mitarbeitern wieder zurückgeführt wird. Zukünftig könnten demnach vermehrt spezialisierte Dienstleistungs- und Servicemitarbeiter in den Betrieben gefragt sein.

Hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen zunehmender innerer Tertiarisierung und veränderten Qualifikationsanforderungen deuten alle Analyseergebnisse und Befunde darauf hin, dass produktbegleitende Dienstleistungen der Industrie, im Gegensatz zu vielen anderen Dienstleistungen, auf höher qualifiziertes Personal angewiesen sind. Mit steigender Orientierung der Unternehmen hin zu produktbegleitenden Dienstleistungen, gemessen an deren Umsatzanteil, steigt die Quote der Mitarbeiter mit Hochschul-, Fachhochschul- und Technikerabschluss, während an- und ungelernte Mitarbeiter weniger benötigt werden. Damit geht auch der Trend zur inneren Tertiarisierung der Industrie durch die zunehmende Bedeutung kundenorientierter Dienstleistungen mit einer Reduzierung des Bedarfes an an- oder ungelernten Arbeitskräften einher und wird zukünftig die Probleme der Geringqualifizierten auf dem Arbeitsmarkt noch weiter verschärfen.

Die zusätzlich geforderten Qualifikationsanforderungen unterscheiden sich zudem nach der Art der produktbegleitenden Dienstleistungen. Wissensintensive Pre-Sales-Dienstleistungen, wie zum Beispiel Engineering oder Beratungsleistungen zur Produktauslegung, erfordern Ingenieurqualifikationen und erhöhen damit den Bedarf an wissenschaftlich ausgebildetem Personal. Für After-Sales-Dienstleistungen, wie Wartung, Störungsdiagnose, Inbetriebnahme oder Reparatur, sind dagegen eher breite Qualifikationen gefordert, die neben einer Facharbeiterqualifikation als Mechaniker auch Kenntnisse in Elektrik und Elektronik, IuK und betriebswirtschaftliche Grundkenntnisse erfordern. Durchleuchtet man daraufhin die Lehrpläne und Ausbildungsordnungen für die industriellen Berufsbilder, so stellt man fest, dass Dienstleistungen in diesen noch eine unbedeutende Rolle spielen. Die industriellen Berufsbilder sind zumeist eher technikzentriert definiert, weshalb ein einfaches Addieren inhaltlicher Schwerpunkte zu produkt- bzw. kundenbezogenen Dienstleistungen in die Berufs- und Ausbildungsordnungen nicht hinreichend erscheint.

Mit einer fortschreitenden inneren Tertiarisierung der Industriearbeit wird auch ein erhöhter Bedarf nach veränderten Arbeitszeitmodellen einhergehen. Dies gilt insbesondere für sogenannte zeitkritische produktbegleitende Dienstleistungen, wie Hotline, Reparatur oder Wartung, die oftmals außerhalb der Normalarbeitszeit erbracht werden müssen. Hier kristallisieren sich zwei Gruppen von Arbeitnehmern heraus, die spezieller Arbeitszeitregelungen bedürfen. Dies sind zum einen die Mitarbeiter, die bei den Kunden vor Ort, und damit in extremer Abhängigkeit ihrer Arbeitszeitsouveränität vom Kundenproblem, Dienstleistungen – wie Schnell- oder Notreparaturen, Wartungen, Reklamationserfüllungen oder Schulungen des Personals, erbringen, oftmals vor allem in Abendstunden und an Wochenenden. Entsprechende Arbeitszeitregelungen müssen einen hohen Flexibilitäts- und Selbstbestimmungsgrad aufweisen und entziehen sich den direkten Zeitkontrollmöglichkeiten durch den Arbeitgeber („Vertrauensarbeitszeit“). Damit gehen aber auch verstärkte Gefahren der Selbstausbeutung und der dauerhaften Vermischung von Arbeits- und Freizeit einher, die die Planbarkeit der Freizeit und damit beispielsweise die Vereinbarkeit von Beruf und Familie negativ tangieren können. Von der anderen Gruppe der Arbeitnehmer wird zunehmend eine ständige Ansprechbarkeit und Einsatzbereitschaft gefordert, zum Beispiel bei Angeboten einer Hotline oder eines Rund-um-die-Uhr-Services. Hier wird die Arbeitszeitsouveränität der Arbeitnehmer eher wieder zurückgefahren, und Modelle einer kapazitätsorientierten variablen Arbeitszeit (KAPOVAZ), bei denen in einem Einzelarbeitsvertrag vereinbart wird, dass sich der Arbeitnehmer bei seiner Arbeitszeit nach den betrieblichen Erfordernissen zu richten hat, könnten wieder weiter voranschreiten. Beide Entwicklungen gilt es zukünftig systematisch zu beobachten und hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Gesundheit und die nachhaltige Arbeitsfähigkeit der betroffenen Arbeitnehmer im Auge zu behalten.

IV. Zukünftige Organisationsformen und Industriearbeit

1. Markt- und Kundenorientierung der Industriearbeit

1.1 Begriffe und Elemente der Marktorientierung von Industrieunternehmen

Unternehmen können heute kaum mehr alleine über niedrige Produktpreise oder hohe Produktqualitäten im zunehmend schärfer werdenden Wettbewerb bestehen. Preis und Qualität sind zwar weiterhin auf höchstmöglichem Niveau zu garantieren, doch insbesondere kundenspezifische Leistungserstellung und Schnelligkeit gewinnen für die Erzielung von Wettbewerbsvorteilen an Gewicht (Brödner/Lay 2002). Mit dieser Orientierung hat sich in den 1990er Jahren ein neues Modell der Leistungserbringung herausgebildet, für das unter anderem der Begriff des „flexibel-marktzentrierten Produktionsmodells“ (Dörre 2003) geprägt wurde. Wesentliches Kennzeichen ist die zunehmende Dezentralisierung und Vermarktlichung durch „Hereinnahme von Marktmechanismen in das Unternehmen“ (Lehnhardt/Priester 2005).

Diese veränderte Orientierung zu mehr Markt- und Kundenbezug verlangt nach tiefgreifenden Restrukturierungen sowohl der Unternehmens- wie auch der Arbeitsorganisation. Im Resultat äußert sich dies in verschiedenen Formen der Dezentralisierung von Unternehmen (Brödner/Lay 2002). In ihrem Kern thematisierten alle Formen einer dezentralen Arbeits- und Unternehmensorganisation die Abkehr vom tayloristischen Leitbild der Organisationsgestaltung, das auf Produktionsprozesse in Massenfertigung ausgerichtet war und in den 1980er Jahren im Zuge der dauerhaften Verwandlung des Marktes für industrielle

Güter von einem Verkäufermarkt zu einem Käufermarkt seinen Gültigkeitsanspruch verlor (Brödner 2002; Lehnhardt/Priester 2005).

In der Folge und als Antwort auf diese veränderten Anforderungen wurde eine Vielzahl neuer Managementkonzepte propagiert und von den Unternehmen aufgegriffen. Beispielhaft seien hier nur auf die Konzepte der „Lean Production“ (Womack et al. 1990), des „Business Reengineering“ (Hammer/Champy 1994), des „Agilen Unternehmens“ (Goldmann et al. 1995), des „Total Quality Management“ (Ishikawa 1985), der „Fraktalen Fabrik“ (Warnecke 1992) oder der „Lernenden Organisation“ (Argyris 1990) verwiesen. Brödner (2002) deutet an, dass auf diese Weise nicht weniger als drei Dutzend „Konzepte“ in wenigen Jahren entstanden sind und diskutiert wurden. Angesichts dieser wechselnden Slogans und „Moden der Reorganisation“ (Kieser 1996; Kühl 2000) wurde es für die Unternehmen und das Management zunehmend schwieriger, verlässliche Orientierung zur Neugestaltung ihrer Organisationsprozesse zu finden (Latniak 2005). Im Kern sind die Prinzipien der aufgeführten Management- und Reorganisationskonzepte jedoch ähnlich (Dreher et al. 1995):

1. Komplexitätsreduktion bei Produkten und Wertschöpfungsprozessen, insbesondere in der Produktion;
2. Externe und interne Kundenorientierung, das heißt konsequente Ausrichtung auf den Abnehmer bzw. Nutzer der hergestellten Leistung bzw. den internen Abnehmer auf der nächsten Bearbeitungsstufe;
3. Konzentration auf die Wertkette unter Beschränkung auf die sogenannten Kernaktivitäten unter Vermeidung von Verschwendung (japanisch „Muda“);
4. Kommunikation und Transparenz, sodass Kundenwünsche auf der operativen Ebene unverfälscht ankommen und die strategischen und operativen Unternehmensziele sowie die erreichte Leistung transparent sind;
5. der Mensch im Mittelpunkt des Unternehmens, der wieder als zentrale Ressource der Leistungsfähigkeit einer Organisation und damit als Träger wesentlicher Kenntnisse, Fertigkeiten und Erfahrungen wahrgenommen wird;
6. integrierte Betrachtung von Produkt- und Produktionsprozess, das heißt insbesondere eine zeitliche Parallelisierung und Zusammenbringung von Mitarbeitern aus Produkt- und Prozessentwicklung sowie
7. kontinuierliche Verbesserung (japanisch „Kaizen“) als eines der wichtigsten Prinzipien neuer Produktionskonzepte mit dem Kerngedanken, dass alles immer noch weiter verbessert werden kann und es aufgrund des Wandels des Umfelds und der Produktionsbedingungen nie eine endgültige Zielerreichung oder einen endgültigen optimalen Zustand gibt.

Die einzelnen Komponenten neuer Produktionskonzepte lassen sich nach Dreher et al. (1995) in 1. die markt- und kundenorientierte Gestaltung und Steuerung der Wertschöpfungskette, 2. neue Formen der Arbeitsorganisation und Personalführung, 3. neue Konzepte zur Qualitätssicherung und 4. neue Organisationsformen für Effizienzsteigerung in der Produktentwicklung unterteilen.

Für die zunehmend geforderte Markt- und Kundenorientierung eines Industrieunternehmens ist hier insbesondere die Gestaltung und Steuerung der Wertschöpfungskette nach dem Prinzip der „Dezentralisierung“ bedeutend (Dreher et al. 1995). Dezentralisierung ist darauf ausgerichtet, die starre Trennung von ausführenden und planenden bzw. steuernden Tätigkeiten wieder (teilweise) zurückzunehmen zugunsten einer integrierten Arbeitsweise, in der unterschiedliche, aber zu einem Wertschöpfungsprozess und einem Kundennutzen gehörende Aufgaben wieder in einer organisatorischen Einheit zusammengeführt werden (z. B. Brödner/Lay 2002; Faust et al. 1999; Hirsch-Kreinsen 1996; Latniak et al. 2002). Auf diese Weise verringert das Prinzip der Dezentralisierung den Koordinations- und Abstimmungsbedarf im Unternehmen und mit den Kunden und hat damit das Potenzial, marktorientierte Abläufe zu beschleunigen. Andererseits hat die Schaffung dezentraler Einheiten den Nachteil, dass teilweise redundante Kapazitäten für unterschiedliche Produkt- oder Kundenlinien vorgehalten werden müssen und die Mitarbeiter durch reduzierte Spezialisierungsmuster gegebenenfalls einzelne Arbeitsschritte weniger produktiv ausführen können.

Dezentralisierungsmaßnahmen in Industriebetrieben lassen sich auf zwei Ebenen unterscheiden:

- Strategische Dezentralisierung oder Dezentralisierung auf der Unternehmensebene meint, dass im Industrieunternehmen selbstständige und häufig mit eigener Ergebnisverantwortung ausgestattete, kundenorientierte Unternehmenseinheiten eingerichtet werden (Latniak et al. 2002). Die prominentesten Elemente der strategischen Dezentralisierung sind die kunden- oder produktbezogene Aufgliederung von Zentralabteilungen (z. B. Arbeitsvorbereitung, Materialwirtschaft, Einkauf, Qualitätssicherung, Konstruktion oder Forschung und Entwicklung) sowie die kunden- oder produktbezogene Aufgliederung der Produktion in einzelne Fertigungssegmente.
- Operative Dezentralisierung oder Dezentralisierung auf der Ebene der Arbeitsorganisation meint die integrierte Weitergabe von Kompetenzen und Tätigkeiten an die ausführende Einheit im Rahmen der Realisierung objektorientierter Aufgabenintegration oder teilautonomer Gruppen (Brödner/Pekruhl 1991). Die wichtigsten Elemente der operativen Dezentralisierung sind die Integration planender, steuernder und dispositiver Tätigkeiten in das Tätigkeitsspektrum der Produktionsmitarbeiter sowie die Einführung der Gruppenarbeit.

Die Ebene der operativen Dezentralisierung mit dem Fokus Gruppenarbeit und ihre Auswirkungen auf die Industriearbeit wird in Kapitel IV.2 eingehend beleuchtet. Im Folgenden soll nun der Schwerpunkt auf die beiden genannten zentralen Elemente einer strategischen Dezentra-

lisierung auf Unternehmensebene, die Aufgliederung von Zentralabteilungen und die Aufgliederung der Produktion gelegt werden. Diese beiden Elemente beeinflussen wesentlich die Gestaltung sowohl der Aufbau- als auch der Ablauforganisation in Industriebetrieben, welche die wesentlichen Stellhebel einer markt- und kundenorientierten Reorganisation darstellen (Braun 1996).

Empirische Belege dafür, inwiefern sich innovative Elemente einer markt- und kundenorientierten Dezentralisierung auf Unternehmensebene in der deutschen Industrie durchsetzen konnten, sind jedoch rar. Eine Analyse der Gesamtdaten aller erfassten Betriebe des IAB-Panels für das Jahr 2001 (Produzierendes Gewerbe und Dienstleistungsbereich) zeigt, dass etwa ein Drittel der Betriebe seine Produktionsstruktur dergestalt verändert hat, dass eine Neugestaltung der Kundenbeziehungen vorgenommen wurde (Alda/Bellmann 2002, S. 528). Das für die Steuerung und Koordinierung dezentraler Organisationseinheiten wichtige Prinzip des „Führen mit Zielvereinbarungen“ wurde 1999 etwa von zwei Dritteln der Betriebe der deutschen Metall- und Elektroindustrie genutzt (Brödner/Lay 2002, S. 50). Auf Basis der Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 1999“ zeigen Latniak et al. (2002), dass 43 Prozent der Betriebe der deutschen Metall- und Elektroindustrie zum Befragungszeitraum aufgegliederte Zentralabteilungen und 39 Prozent aufgegliederte Produktionssegmente (jeweils in einer mittleren Definition der begrifflichen Eingrenzung) implementiert hatten. Jüngere Publikationen, die auf Basis einer repräsentativen breitenempirischen Stichprobe die Verbreitung von Elementen der strategischen Dezentralisierung in der deutschen Industrie nachzeichnen, sind nicht vorhanden.

Um nun die potenziellen Auswirkungen einer markt- und kundenorientierten dezentralen Unternehmensorganisation auf die zukünftige Ausgestaltung der Industriearbeit fundierter abschätzen zu können, soll im Folgenden auf Basis aktuellerer repräsentativer Umfragedaten zu den Betriebsstrukturen im Verarbeitenden Gewerbe Deutschlands analysiert werden,

- wie verbreitet die Aufgliederung von Zentralabteilungen und die Aufgliederung der Produktion als Elemente einer strategischen Dezentralisierung auf Unternehmensebene in der deutschen Industrie derzeit sind,
- welche Betriebe und Sektoren diese strategischen Dezentralisierungskonzepte vorrangig nutzen,
- wie sich die Aufgliederung von Zentralabteilungen und der Produktion auf die Arbeitsinhalte und die Anreicherung der Tätigkeitsinhalte der Produktionsmitarbeiter auswirkt und
- welche Auswirkungen diese markt- und kundenorientierten Gestaltungselemente auf die Qualifikationsanforderungen der Industriearbeit der Zukunft entfalten können.

1.2 Verbreitung von marktorientierten Dezentralisierungskonzepten

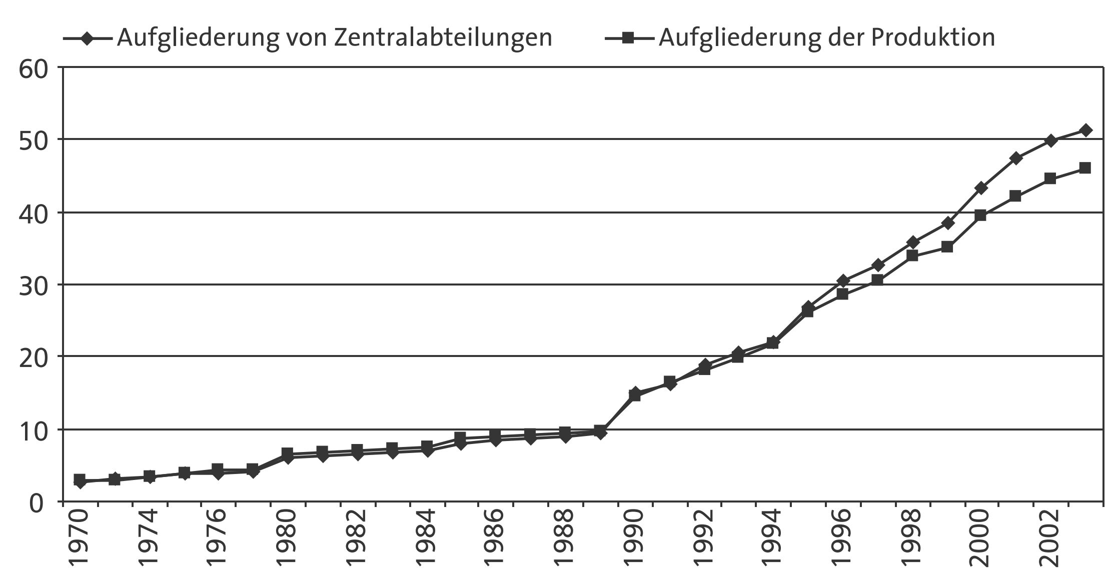
Als Datenbasis zur Analyse der Verbreitung der strategischen Dezentralisierungskonzepte „Aufgliederung von Zentralabteilungen“ und „Aufgliederung der Produktion“ eignet sich die Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“ des Fraunhofer ISI. Diese Datenbasis stellt eine repräsentative Stichprobe von 1 450 Betrieben aus den Kernbranchen des deutschen Verarbeitenden Gewerbes dar (Tabelle A2 u. A3 im Anhang). Wie die Analysen zeigen, geben 51 Prozent der befragten Betriebe an, eine Aufgliederung von Zentralabteilungen vorgenommen zu haben und 46 Prozent der Betriebe berichten von einer Aufgliederung der Produktion in produkt- oder kundenorientierte Segmente. Damit sind beide Konzepte zwar noch nicht flächendeckend, aber zumindest umfänglich in der deutschen produzierenden Industrie verbreitet. Damit bestätigen sich die Befunde von Latniak et al. (2002), wonach bereits 1999 verschiedene Elemente einer strategischen Dezentralisierung auf Unternehmensebene, ganz im Gegensatz zur operativen Dezentralisierung auf Arbeitsebene, relativ breit von den Betrieben der deutschen Metall- und Elektroindustrie genutzt wurden.

Eine genauere Analyse des Einführungsjahres der beiden Dezentralisierungsmaßnahmen zeigt einen für beide Elemente recht ähnlichen Diffusionsverlauf (Abbildung 19).

Demnach führten erste Unternehmen sowohl die Aufgliederung von Zentralabteilungen wie auch die Aufgliederung der Produktion bereits vor 1970 ein, die weitere Verbreitung beider Konzepte verlief aber bis Ende der 1980er Jahre sehr zurückhaltend und näherte sich nur langsam der 10 Prozent-Grenze. Mit Beginn der 1990er Jahre, also just nach Erscheinen der bahnbrechenden MIT-Studie von Womack et al. (1990) zur „Lean Production“, gewann die weitere Verbreitung an Fläche. Von 1989 bis 1995 verdreifachte sich die Zahl der Nutzer bei beiden Konzepten nahezu gleichförmig von knapp 10 Prozent auf nahezu 30 Prozent. Ab 1996 dann nehmen die beiden Kurven einen leicht unterschiedlichen, wenn auch immer noch ähnlichen Verlauf. Das Konzept der Aufgliederung von Zentralabteilungen verbreitete sich nun etwas schneller als die Aufgliederung der Produktion. Die Dynamik der Verbreitung nahm bei beiden Konzepten etwa bis 2000 zu, nach diesem Wendepunkt ist eine Abflachung der weiteren Verbreitung zu vermerken. Auch die Zahlen zur geplanten Einführung der beiden Dezentralisierungskonzepte nach 2002 deuten auf eine weitere, wenn auch nicht mehr sehr dynamische Verbreitung beider Konzepte hin. Bei beiden Dezentralisierungskonzepten, der Aufgliederung von Zentralabteilungen und der Aufgliederung der Produktion, gaben jeweils etwa 4 Prozent der befragten Betriebe an, die Einführung in den nächsten beiden Jahren realisieren zu wollen. Wenn diese Planungsangaben der befragten Betriebe realistisch waren, dann müssten heute etwa 55 Prozent der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes das Konzept der Aufgliederung von Zentralabteilungen nutzen und etwa 50 Prozent der Betriebe über eine in produkt- oder kundenbezogene Segmente aufgegliederte Produktion verfügen. Zur Einschätzung, ob die ermittelten Nutzerquoten als vergleichsweise hoch oder

Abbildung 19

Diffusion marktorientierter Dezentralisierungskonzepte



Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen

eher durchschnittlich zu interpretieren sind, lohnt ein europäischer Vergleich. Als Datenbasis dient hier das „European Manufacturing Survey“ (Armbruster et al. 2005b), das mit demselben Befragungsinstrument wie die deutsche Umfrage „Innovationen in der Produktion 2003“ in acht weiteren europäischen Ländern im Zeitraum 2003 und 2004 durchgeführt wurde. Wie sich zeigt, liegen die deutschen Betriebe bei der Nutzung der Dezentralisierungskonzepte „Aufgliederung von Zentralabteilungen“ und „Aufgliederung der Produktion“ im europäischen Vergleich bei weitem nicht an der Spitze (Abbildung 20). So nutzen beispielsweise in Frankreich und Österreich über 60 Prozent der Betriebe, in Slowenien sogar über 80 Prozent der Betriebe die Aufgliederung von Zentralabteilungen zur marktorientierten Dezentralisierung auf der Unternehmensebene. Diese Unterschiede bleiben auch bestehen, wenn die Stichproben hinsichtlich Größen- und Branchenstruktur auf eine einheitliche Struktur der EU-25 Staaten gewichtet werden, um auf strukturspezifische Verzerrungen zu kontrollieren.

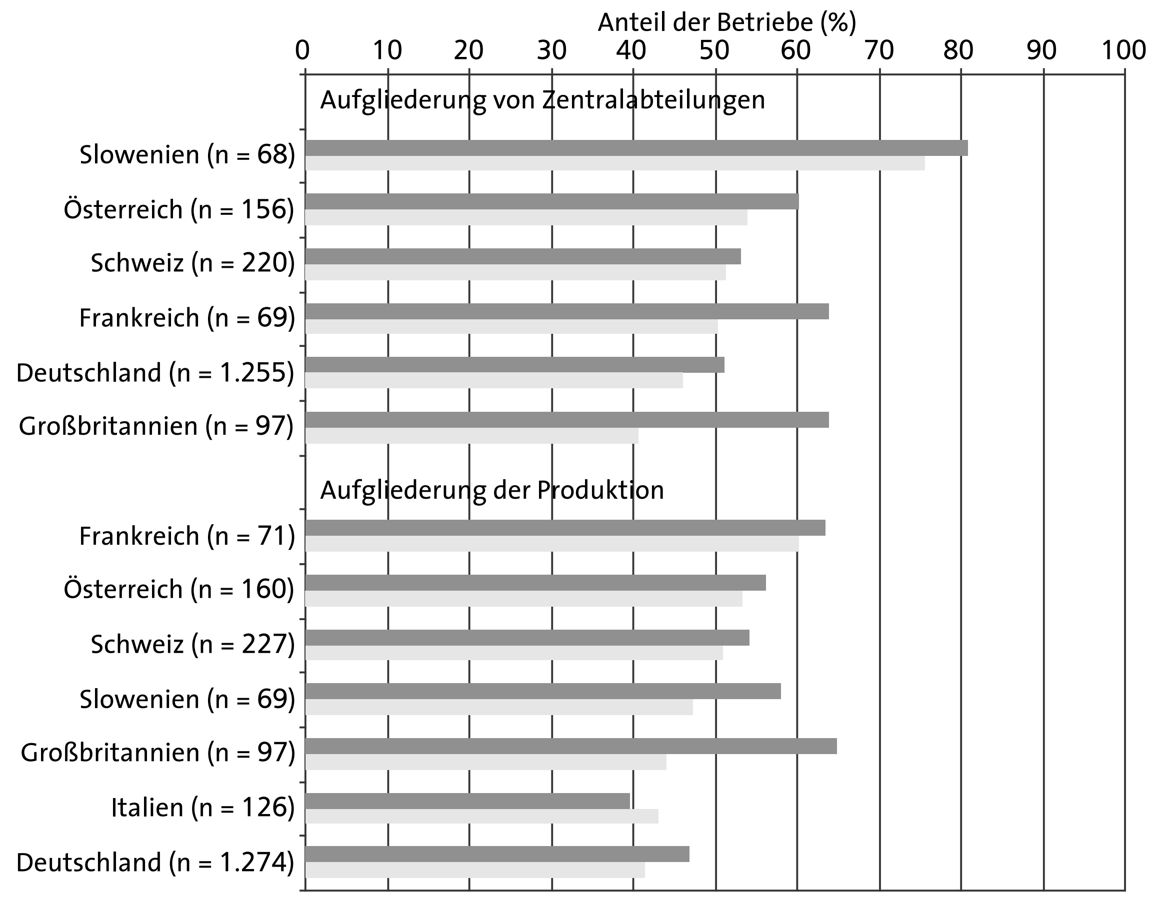
Bei der Betrachtung, wie viele Betriebe ihre Produktion in produkt- oder kundenbezogene Segmente aufgegliedert haben, zeigt sich für die deutschen Betriebe ein noch unerfreulicheres Bild (Abbildung 20). Mit einer Nutzerquote von 46 Prozent werden sie nur von den italienischen Betrieben untertroffen, die dieses Dezentralisierungsprinzip zu weniger als 40 Prozent nutzen. Bei der Gewichtung nach der EU-25-Größen- und -Branchenstruktur verschwindet aber auch dieser Vorteil. Hingegen nutzen etwa englische und französische Betriebe das marktorientierte Dezentralisierungsprinzip der Produktionssegmentierung jeweils zu über 60 Prozent und kroatische Betriebe erstaunlicherweise sogar zu mehr als 80 Prozent. Insgesamt verdeutlichen die Zahlen des europäischen Vergleichs, dass die deutschen Betriebe die Einführung strategischer Dezentralisierungskonzepte zur konsequenten Markt- und Kundenorientierung auf Unternehmensebene im Vergleich zu anderen Ländern bislang in recht geringem Umfang nutzen. Dieser Befund deckt sich mit Erkenntnissen von Armbruster et al. (2005b), wonach deutsche Betriebe bei der Nutzung avancierter Produktions- und Informationstechniken wie zum Beispiel Industrieroboter, Teleservice oder Produktionsplanung- und Steuerungssysteme im europäischen Vergleich mit führend sind, bei der Nutzung innovativer organisatorischer Gestaltungskonzepte aber eher auf den hinteren Plätzen zu finden sind.

Die marktorientierten Dezentralisierungskonzepte Aufgliederung von Zentralabteilungen und Aufgliederung der Produktion sind nun nicht für alle Betriebstypen gleichermaßen geeignet. So zeigt eine Differenzierung der Nutzerquoten nach der Größe der Industriebetriebe, gemessen an der Anzahl der Beschäftigten, dass die Nutzung beider Konzepte nahezu linear mit der Betriebsgröße zunimmt (Abbildung 21).

Während beispielsweise die Verbreitungsquote der Segmentierung der Produktion bei Betrieben unter 50 Mitarbeitern bei etwa einem Drittel liegt, liegt sie bei Betrieben mit 1 000 und mehr Mitarbeitern bei nahezu drei Viertel. Auch die Aufgliederung von Zentralabteilungen ist bei Betrieben unter 50 Mitarbeitern etwa bei 35 Prozent der Betriebe umgesetzt worden, während Betriebe von mehr als 1 000 Mitarbeitern bereits zu fast 85 Prozent dieses Konzept nutzen. Diese nach der Betriebsgröße unterschiedlichen Quoten decken sich mit den theoretischen Annahmen zu den Nutzerpotenzialen. Größere Betriebe verfügen häufig über eine größere Anzahl verschiedener Produkte und Kundengruppen als kleine Nischenanbieter, so dass eine produkt- oder kundenbezogene Aufgliede-

Abbildung 20

Verbreitung marktorientierter Dezentralisierungskonzepte im europäischen Vergleich (2003/2004)



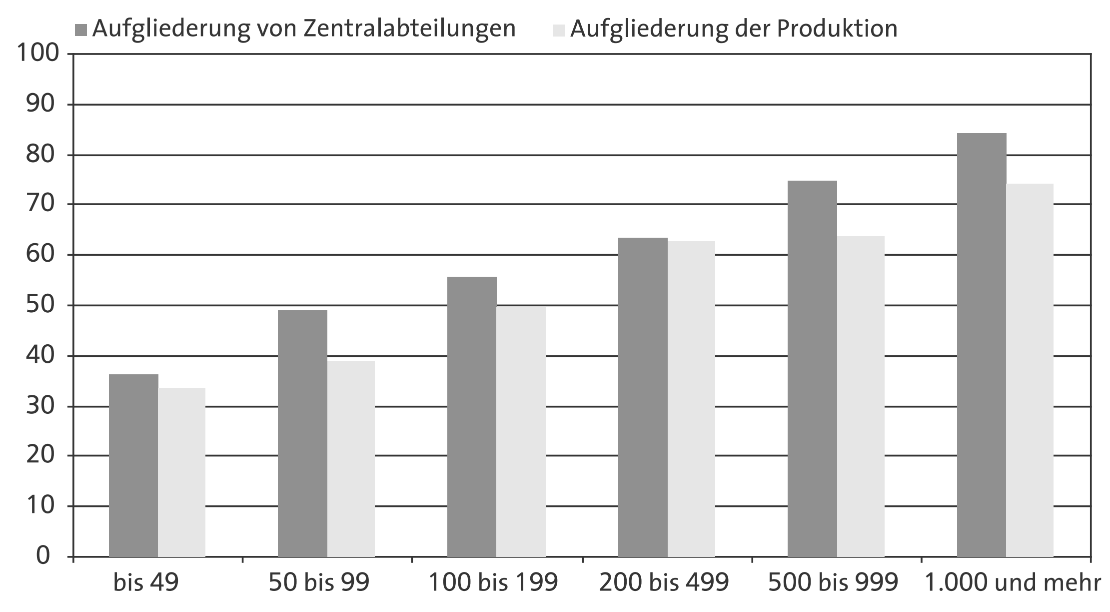
Quelle: Armbruster et al. 2005b; eigene Berechnungen

rung der Produktion in Segmente für größere Betriebe häufiger eine strategisch sinnvolle Option darstellt (Dreher et al. 1995; Lay et al. 1999). Auch eine marktorientierte Aufgliederung und Dezentralisierung von zentralen Abteilungen, wie zum Beispiel Arbeitsvorbereitung, Einkauf, Qualitätssicherung, Instandhaltung oder Konstruktion, macht insbesondere für solche Betriebe Sinn, deren indirekte Abteilungen eine ausreichende Größe haben, um aufgegliedert werden zu können, ohne zusätzliche Redundanzen schaffen zu müssen. Auch dies trifft naturgemäß insbesondere für größere Betriebe zu.

Differenziert man die Nutzerquoten der beiden ausgewählten markt- und kundenorientierten Dezentralisierungsformen nach Branchen, so zeigen sich keine eindeutigen Muster (Abbildung 22). Sowohl bei der marktorientierten Aufgliederung von zentralen Abteilungen wie bei der Aufgliederung der Produktion sind die Betriebe des Fahrzeugbaus und seiner Zulieferer inklusive dem Sonstigen Fahrzeugbau (NACE 34, 35) führend. Hier zeigt sich neben Größeneffekten insbesondere die Baureihenorientierung in dieser Branche, für die eine produkt- und marktbezogene Aufgliederung in Produktionssegmente mit entsprechend angegliederten indirekten Aufgaben eine sinnvolle Organisationsform darstellt. Bei den weiteren Branchen ergibt sich kein einheitliches Bild. Hersteller von Metallerzeugnissen, die überwiegend einfache Produkte herstellen, finden sich bei beiden Aufgliederungskonzepten auf den hinteren Plätzen, während beispielsweise in der Chemischen Industrie und im Maschinenbau die Aufgliederung von Zentralabteilungen sichtbar häufiger genutzt wird als die Segmentierung der Produktion. Insgesamt scheint der Umstand, ob ein Unternehmen verschiedene Produktfamilien produziert oder verschiedene Märkte- und Kundengruppen bedient, für die Nutzung marktorientierter dezentraler Abteilungs- und Produktionsstrukturen einen wichtigeren Erklärungsbeitrag zu liefern als die Branchen, die zumeist einen bunten Mix aus auf wenige Kundengruppen konzentrierte Nischenanbieter und Unternehmen mit breiterer Produkt- und Kundendifferenzierung darstellen.

Abbildung 21

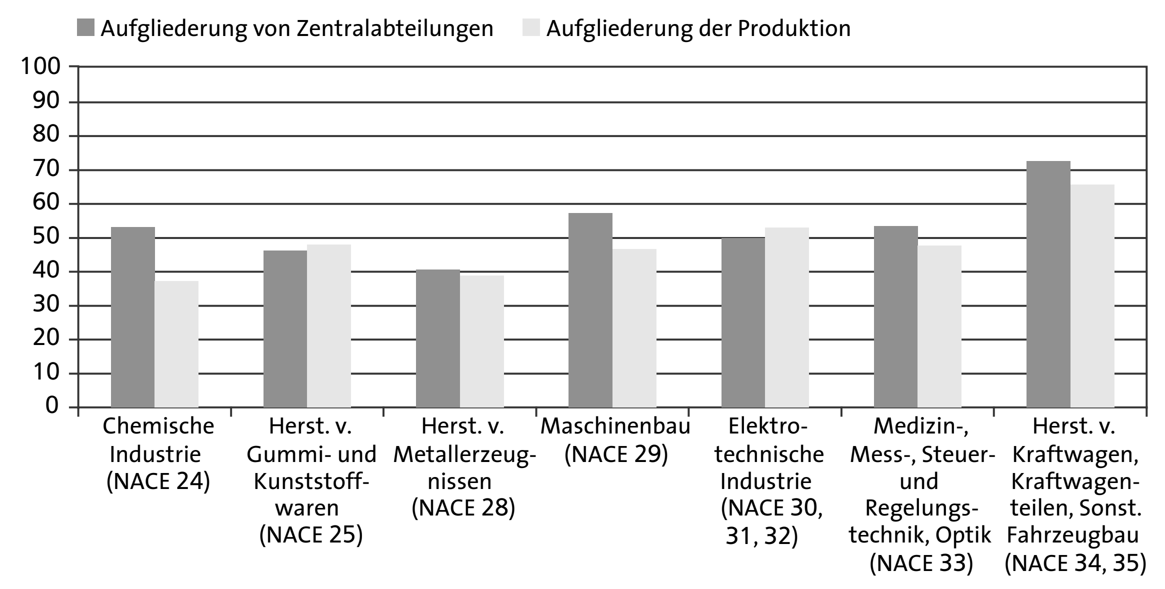
Verbreitung marktorientierter Dezentralisierungskonzepte nach Größe



Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen

Abbildung 22

Verbreitung marktorientierter Dezentralisierungskonzepte nach Branchen



Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen

1.3 Aspekte der Auswirkungen der Marktorientierung auf die Industriearbeit

Die Hereinnahme von Marktmechanismen in das Unternehmen durch dezentrale Formen der Unternehmensorganisation mit den entsprechenden kundenorientierten Wertschöpfungsprozessen und Steuerungsmechanismen kann weitreichende Folgen für die Ausgestaltung der Industriearbeit haben (Brödner/Lay 2002). Durch die „Internalisierung des Marktes“ (Moldaschl 1998) werden die externen Markt- und Kundenanforderungen nun nicht mehr durch verschiedene Schichten und Bereiche des mittleren Managements vorgefiltert und verarbeitet, sondern treffen ungepuffert auf die direkt mit der Wertschöpfung Beschäftigten. Dies kann zu deutlich höheren Anforderungen an die funktionale und fachliche, insbesondere aber zeitliche Flexibilität der in den direkten Produktionsbereichen beschäftigten Mitarbeiter führen. Arbeitszeiten und Arbeitsinhalte werden zunehmend direkt durch die Erfordernisse der Aufgabenerledigung für den Kunden und weniger durch interne Vorgaben determiniert (Brödner/Lay 2002).

Neben die Flexibilisierung tritt damit auch eine zunehmende „Subjektivierung der Industriearbeit“ (Moldaschl/Voß 2002; Schönberger/Springer 2003). Die Kernthese besagt, dass infolge der Abnahme formaler Strukturierung in den Unternehmen die subjektiven Potenziale der Beschäftigten, also die in der jeweiligen Persönlichkeit begründeten Fähigkeiten zur Selbstorganisation, Selbstmotivation, Flexibilität, Kreativität, Konfliktlösung und Kommunikation, stärker gefordert sind. Die jeweilige Arbeitsaufgabe situativ und kontextabhängig im Sinne der Leistungserwartungen der Kunden angemessen wahrzunehmen und zu erfüllen, liegt nun großteils direkt in der Verantwortung der in der Produktion Beschäftigten (Lenhardt/Priester 2005).

Die großen Chancen der dezentralen Organisationsformen liegen in der Möglichkeit, Win-Win-Situationen für Betriebe und Beschäftigte zu erzeugen, die teilweise als „doppelte Glücksversprechen“ bezeichnet werden (Latniak 2005). Solche Situationen, von denen beide Seiten, Arbeitgeber wie Arbeitnehmer profitieren, stellen sich dann ein, wenn sich zum einen die Vorteile der dezentralen Organisationsformen in nachweisbaren ökonomischen Aspekten entfalten und auf der anderen Seite die Arbeit der in der Produktion Beschäftigten inhaltliche Aufwertung und höhere Autonomie erfährt, ohne durch überzogene Flexibilisierungs- und Intensivierungsanforderungen auf dem schmalen Grad der Angemessenheit in den Bereich der psychischen Belastung abzurutschen.

1.4 Marktorientierte Dezentralisierungskonzepte und Tätigkeitsinhalte

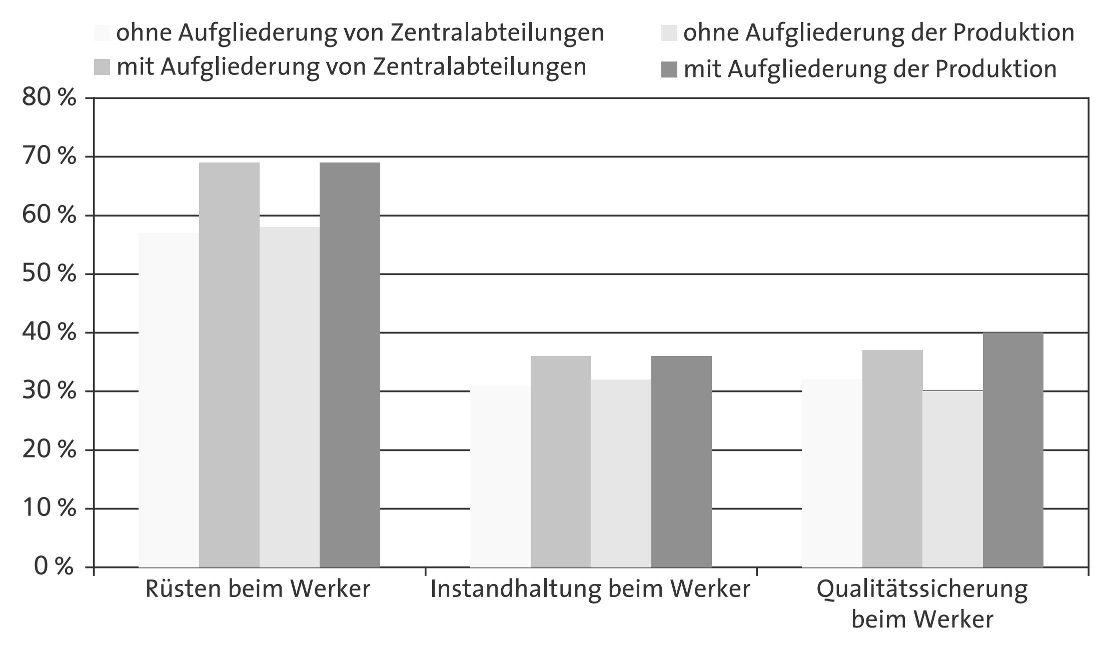
Wie im vorigen Abschnitt ausführlicher dargelegt, wird in der Arbeitsforschung mehrheitlich davon ausgegangen, dass die Einführung marktbezogener Elemente der Organisationsgestaltung mit Arbeitsformen einhergeht, die sich durch einen höheren Grad an Autonomie und selbstständigem und selbstgesteuertem Handeln auszeichnen. Es wird argumentiert, dass es im Zuge einer zunehmenden Markt- und Kundenorientierung von Wertschöpfungsprozessen sinnvoll ist, die Tätigkeitsinhalte der Produktionsmitarbeiter und Werker um bestimmte planende, dispositive und qualitätssichernde Aufgaben anzureichern. Ziel ist es, auch die „subjektiven“ Fähigkeiten der beschäftigten Arbeitnehmer in den neuen marktorientierten Strukturen konsequent zur flexiblen Selbstorganisation und Erfüllung der sich dynamisch ändernden Markt- und Kundenanforderungen zu nutzen (Moldaschl/Voß 2002; Schönberger/Springer 2003).

Zumeist beziehen sich die Annahmen und empirischen Befunde zu den Interdependenzen zwischen Dezentralisierungsformen und der Anreicherung von Tätigkeitsinhalten der Werker auf dezentralisierte Konzepte der Arbeitsorganisation wie zum Beispiel Aufgabenintegration oder Gruppenarbeit (Latniak et al. 2002; Latniak 2005; s. a. das folgende Kap. IV.2). Aspekte der marktorientierten Dezentralisierung auf Unternehmensebene und ihre Auswirkungen auf die Tätigkeitsprofile der Produktionsmitarbeiter und Werker werden in den meisten Kontexten nur dergestalt betrachtet, dass mit der strategischen Dezentralisierung auf Unternehmensebene eine operative Dezentralisierung auf Arbeitsebene einhergehen müsse und diese wiederum zur Anreicherung von Tätigkeitsinhalten auch auf der operativen Ebene der Werker führe. Nun konnten Latniak et al. (2002) aber zeigen, dass marktorientierte Dezentralisierung auf Unternehmensebene und dezentrale Formen der Arbeitsorganisation in der Praxis nicht Hand in Hand gehen, sondern häufig nur strategische Formen der Dezentralisierung auf Unternehmensebene verwirklicht wurden. Vor diesem Hintergrund ist es interessant zu untersuchen, wie marktorientierte Dezentralisierungsformen auf Unternehmensebene mit der Tätigkeitsanreicherung von Produktionsmitarbeitern tatsächlich zusammenhängen.

Die Datenbasis der Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“ des Fraunhofer ISI erlaubt es zu analysieren, ob das Rüsten der Maschinen und Anlagen, Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten an den Maschinen und Anlagen oder zusätzliche Aufgaben der Qualitätssicherung und -kontrolle in den befragten Betrieben auch von den Werkern wahrgenommen werden. Wie hierzu durchgeführte Auswertungen zeigen, geben fast 70 Prozent der Betriebe, die eine Aufgliederung von Zentralabteilungen oder eine Aufgliederung der Produktion in Fertigungssegmente vorgenommen haben an, das Rüsten in das Aufgabenspektrum der Werker eingebunden zu haben (Abbildung 23). Betriebe, die diese marktorientierten Dezentralisierungskonzepte nicht nutzen, haben dagegen zu weniger als 60 Prozent Rüstaufgaben in das Tätigkeitsspektrum ihrer Produktionsmitarbeiter integriert. Diese Unterschiede sind sowohl für die Aufgliederung von Zentralabteilungen wie auch für die Aufgliederung der Produktion auf dem 1 Prozent-Niveau statistisch signifikant. Bei Betrieben, die marktorientierte Dezentralisierungsformen wie die Aufgliederung von Zentralabteilungen oder der Produktion nutzen, scheinen demnach Rüstaufgaben für Werker in 10 Prozent mehr Betrieben Relevanz zu besitzen, als wenn diese strategischen Dezentralisierungskonzepte nicht genutzt werden.

Abbildung 23

Marktorientierte Dezentralisierungskonzepte und Tätigkeitsspektrum der Werker



Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen

Instandhaltungstätigkeiten werden in 36 Prozent der Betriebe, die ihre Zentralabteilungen aufgegliedert haben, und in 31 Prozent der Betriebe ohne diese Aufgliederungsform in das Aufgabenspektrum der Werker integriert. Auch bei Betrieben, die ihre Produktion in Fertigungssegmente aufgegliedert haben, haben 36 Prozent Instandhaltungsaufgaben mit den Tätigkeiten der Produktionsmitarbeiter verbunden, im Vergleich zu 32 Prozent der Betriebe ohne eine Aufgliederung der Produktion. Diese Unterschiede sind für die Aufgliederung von Zentralabteilungen auf dem 10 Prozent-Niveau statistisch signifikant, für die Aufgliederung der Produktion nicht signifikant. Jenseits der Signifikanz sind die Unterschiede in ihrem Ausmaß jedoch wenig bedeutend. Etwa ein Drittel der Betriebe integriert Instandhaltungs- und Reparaturaufgaben in den Tätigkeitszuschnitt seiner Werker, egal ob marktorientierte Dezentralisierungsformen wie die Aufgliederung von Zentralabteilungen oder der Produktion eingeführt wurden oder nicht.

Aufgaben der Qualitätssicherung und -kontrolle wurden von 37 Prozent der Betriebe, die ihre Zentralabteilungen zumindest teilweise aufgegliedert haben, mit dem Aufgabenspektrum ihrer Werker verbunden. Der entsprechende Wert für Betriebe ohne eine Aufgliederung von Zentralabteilungen beläuft sich auf 32 Prozent. Dieser Unterschied ist auf dem 10 Prozent-Niveau statistisch signifikant. Noch deutlichere Unterschiede ergeben sich für Betriebe, die eine Aufgliederung ihrer Produktion in Fertigungssegmente vorgenommen und zu 40 Prozent Qualitätssicherungsaufgaben bei ihren Produktionsmitarbeitern angesiedelt haben. Der Unterschied zu den 30 Prozent der Betriebe ohne Produktionssegmentierung ist auf dem 1 Prozent-Niveau statistisch signifikant und auch durchaus bedeutsam. An dieser Stelle kann also zunächst festgehalten werden, dass etwa 10 Prozent mehr Betriebe, die das marktorientierte Dezentralisierungskonzept der Produktionssegmentierung nutzen, eine Integration von Qualitätssicherungsaufgaben in das Tätigkeitsspektrum ihrer Werker vorgenommen haben, als Betriebe ohne Fertigungssegmentierung.

Im Folgenden soll nun anhand multivariater logistischer Regressionsmodelle der Frage nachgegangen werden, ob die bivariat nachgewiesenen statistisch signifikanten Zusammenhänge zwischen der Einführung einzelner Formen der marktorientierten Dezentralisierung und der Tätigkeitsanreicherung von Werkern auch dann noch Bestand haben, wenn gleichzeitig auf intervenierende Strukturvariablen, wie Betriebsgröße, Branche, Produktkomplexität oder Seriengröße, getestet wird. So hatte sich beispielsweise gezeigt, dass die Nutzung von marktorientierten Dezentralisierungskonzepten wie die Aufgliederung von Zentralabteilungen oder die Aufgliederung der Produktion in Fertigungssegmente signifikant mit der Betriebsgröße steigt. Gleichzeitig könnte auch angenommen werden, dass größere Betriebe einen höheren Umfang spezialisierter Tätigkeiten aufweisen, die eher ökonomisch sinnvoll in zentralen Abteilungen oder bei spezialisierten Akteuren gebündelt werden können. Dies könnte dazu führen, dass der Zusammenhang von marktorientierten Dezentralisierungsmaßnahmen und integrierten Tätigkeitszuschnitten bei Werkern in bivariaten Modellen tendenziell sogar unterschätzt wird. Auf jeden Fall ist es angezeigt, die bivariat nachgewiesenen Zusammenhänge in multivariaten Modellen auf Nebeneffekte zu prüfen.

Dazu wurden für die beiden Tätigkeitszuschnitte, bei denen sich signifikante Unterschiede zwischen den Nutzern von marktorientierten Dezentralisierungsformen und den Nichtnutzern gezeigt haben, also die Integration von Rüst- und Qualitätssicherungsaufgaben, jeweils ein multivariates logistisches Modell gerechnet.

Im multivariaten Modell zur Vorhersage der Wahrscheinlichkeit, ob ein Betrieb Rüstaufgaben in das Tätigkeitsspektrum seiner Werke integriert hat oder nicht, zeigt sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang mehr zwischen der Aufgliederung von Zentralabteilungen und dieser Form der Aufgabenintegration. Dagegen bleibt der Zusammenhang zwischen einer Aufgliederung der Produktion in Fertigungssegmente und der Verknüpfung von Rüstaufgaben mit Produktionstätigkeiten mit einem positiven Vorzeichen und statistisch auf dem 10 Prozent-Niveau signifikant bestehen (Tabelle 9). Die Auflösung bzw. Reduzierung der Zusammenhänge ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass gerade große Betriebe, die – wie gezeigt – sehr häufig eine Aufgliederung von Zentralabteilungen oder der Produktion in Segmente vorgenommen haben, gleichzeitig auch überdurchschnittlich häufig Rüstaufgaben in die Tätigkeitszuschnitte ihrer Produktionsmitarbeiter eingebunden haben.

Im multivariaten logistischen Modell zur Vorhersage der Wahrscheinlichkeit, ob ein Betrieb Qualitätssicherungsaufgaben von den Produktionsmitarbeitern selbst durchführen lässt, verschwinden die statistisch signifikanten Korrelationen mit marktorientierten Dezentralisierungsformen vollständig (Tabelle 10). Weder die Aufgliederung von Zentralabteilungen noch die Aufgliederung der Produktion in Fertigungssegmente haben in diesem Modell einen signifikanten Einfluss auf die Integration von Qualitätssicherungsaufgaben in das Werkerspektrum. Auch dies liegt vor allem daran, dass große Betriebe nicht nur diese marktorientierten Dezentralisierungsformen häufiger nutzen als kleine und mittlere Unternehmen, sondern gleichzeitig auch häufiger diese Form der Aufgabenintegration auf Werkerebene verwirklichen.

Tabelle 9

Multivariate Regression zur Integrationvon Produktionsarbeit und Rüsten von Maschinen (Auszug[11])

unabhängige Variable	Exp (B)	Signifikanz
Aufgliederung von Zentralabteilungen j/n	1,029	0,855
Aufgliederung der Produktion j/n	1,342	0,058*
richtig klassifiziert	67,3 %	

Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen

Tabelle 10

Multivariate Regression zur Integrationvon Produktionsarbeit und Qualitätssicherung (Auszug[11])

unabhängige Variable	Exp (B)	Signifikanz
Aufgliederung von Zentralabteilungen j/n	0,994	0,971
Aufgliederung der Produktion j/n	1,203	0,227
richtig klassifiziert	67,7 %	

Lesehilfe: Signifikant (*) und damit gewiss nicht statistisch zufällig sind nur jene Zusammenhänge, bei denen in der Spalte „Signifikanz“ ein Wert < 0,1 aufgeführt ist, was einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 10 Prozent gleichkommt.

Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen

[11] Gleichzeitig getestet wurden in der multivariaten Analyse die unabhängigen Variablen Vorhandensein von Gruppenarbeit (enge Definition), Produktionsverlagerung j/n, Umsatzanteil produktbegleitender Dienstleistungen, Betriebsgröße, Komplexität der hergestellten Produkte, Seriengröße der Produktion sowie die Branchen Gummi- und Kunststoffwaren, Maschinenbau, Elektroindustrie, Medizin-, Mess-, Steuer-, Regelungstechnik, Optik sowie Automobil- und Sonstiger Fahrzeugbau (Tabelle A4 u. A6 im Anhang).

Insgesamt bleibt damit festzuhalten, dass es keine signifikanten oder bedeutsamen Zusammenhänge zwischen marktorientierten Dezentralisierungsformen von Industrieunternehmen, wie der Aufgliederung von Zentralabteilungen oder der Produktion, und der Anreicherung von Werkeraufgaben um bestimmte Tätigkeitsinhalte gibt. Die Autoren der Arbeitsforschung scheinen also mit ihrer Vermutung Recht zu haben, dass wenn sich erweiterte Tätigkeitszuschnitte auf Ebene der Produktionsmitarbeiter zeigen, diese üblicherweise durch operative Dezentralisierungsansätze auf Ebene der Arbeitsorganisation vorangetrieben werden (z. B. Kern/Schumann 1984; Kuhlmann et al. 2004; Nordhause-Janz/Pekruhl 2000; Moldaschl 1998; Schumann 1997). Partiell zeigt dies auch das vorangegangene Kapitel zu den Zusammenhängen der Einführung von Gruppenarbeit und der Aufgabenintegration auf Werkerebene (Kap. III.1). Es kann aber nicht einfach davon ausgegangen werden, dass die Kette marktorientierte strategische Dezentralisierung auf Unternehmensebene – operative Dezentralisierung auf Ebene der Arbeitsorganisation – Anreicherung von Tätigkeitsinhalten auf der Werkerebene immer konsequent und ungebrochen vollzogen wird. Nicht selten bleiben Unternehmen bereits auf der Ebene der marktorientierten Dezentralisierung auf Unternehmensebene stehen, ohne entsprechende dezentrale Arbeitsorganisationsformen einzuführen (Latniak et al. 2002).

Unsere Ergebnisse zeigen nun, dass marktorientierte strategische Dezentralisierungskonzepte und Aufgabenanreicherung auf Werkerebene auch nicht direkt zusammenhängen, wenn in multivariaten Erklärungsmodellen gleichzeitig Strukturvariablen der Betriebe und operative Elemente dezentraler Arbeitsorganisation, wie zum Beispiel Gruppenarbeit in einer engen Definition (Kap. IV.2) mit betrachtet werden. Im Ergebnis kann demnach also nicht davon ausgegangen werden, dass die Industriearbeit auf Ebene der Produktionsmitarbeiter und Werker allein dadurch (oder über generelle Kettenmechanismen) eine Anreicherung um weitere Aufgabeninhalte erfährt, dass Unternehmen ihre Abteilungs- und Produktionsstrukturen auf Unternehmensebene marktorientiert ausrichten und aufgliedern. Tätigkeitsanreicherung von Industriearbeit und marktorientierte Organisationsformen auf Unternehmensebene scheinen also zwei getrennte Welten zu sein.

1.5 Marktorientierte Dezentralisierungsformen und Qualifikationsstruktur

Nach diesem ernüchternden Befund zum Zusammenhang von markt- und kundenorientierten Dezentralisierungsformen und umfangreicheren Tätigkeitszuschnitten der Produktionsmitarbeiter soll nun untersucht werden, wie sich der Zusammenhang mit den Qualifikationsprofilen der in den jeweiligen Betrieben beschäftigten Mitarbeiter darstellt. Zum Zusammenhang zwischen Qualifikationsprofilen und dezentralen Organisations- und Produktionskonzepten gibt es prinzipiell zwei sich ambivalent gegenüberstehende Szenarien für die Zukunft (z. B. Kern/Schumann 1984): Im ersten Modell könnte die zunehmende Markt- und Kundenorientierung im Kontext einer international härter werdenden Wettbewerbstätigkeit zu einer Rekonzentration der strategischen Bemühungen auf den Wettbewerbsfaktor Produktionskosten führen, die auch auf Ebene der Arbeitskräfte so weit fortgeschrieben wird, dass in den Montage- und Fertigungsbereichen der Industriebetriebe auch an Hochlohnstandorten insbesondere Geringqualifizierte und damit Niedriglohnmitarbeiter, also vorzugsweise An- und Ungelernte, beschäftigt werden. Zwar geht die Arbeitsforschung insgesamt davon aus, dass es sich bei diesem Szenario um kein Modell handelt, das zu einer nachhaltigen Produktivitätsentwicklung eines Hochlohnindustrielandes wie Deutschland beitragen kann; prinzipiell wird dieses Gegenmodell zu einer „guten Industriearbeit“ aber nicht vollständig ausgeschlossen.

Im zweiten Modell wird, wie dies in den bekannten Konzepten zur marktorientierten Reorganisation, wie beispielsweise „Lean Production“ oder „Fraktale Fabrik“, bereits angelegt ist, der (qualifizierte) Mensch in den Mittelpunkt des Unternehmens gerückt (z. B. Kern/Schumann 1984; Piore/Sabel 1984). In diesem Szenario würde die Einführung marktorientierter Unternehmensstrukturen über den Hebel der höheren Selbstständigkeit und Selbststeuerungskompetenz und eigenverantwortlicher Tätigkeitsanforderungen tendenziell zu einer Anhebung des Qualifikationsniveaus führen, was von den Protagonisten dieser These als Basis für eine nachhaltige Produktions- und Produktivitätsentwicklung auch an Hochlohnstandorten gesehen wird.

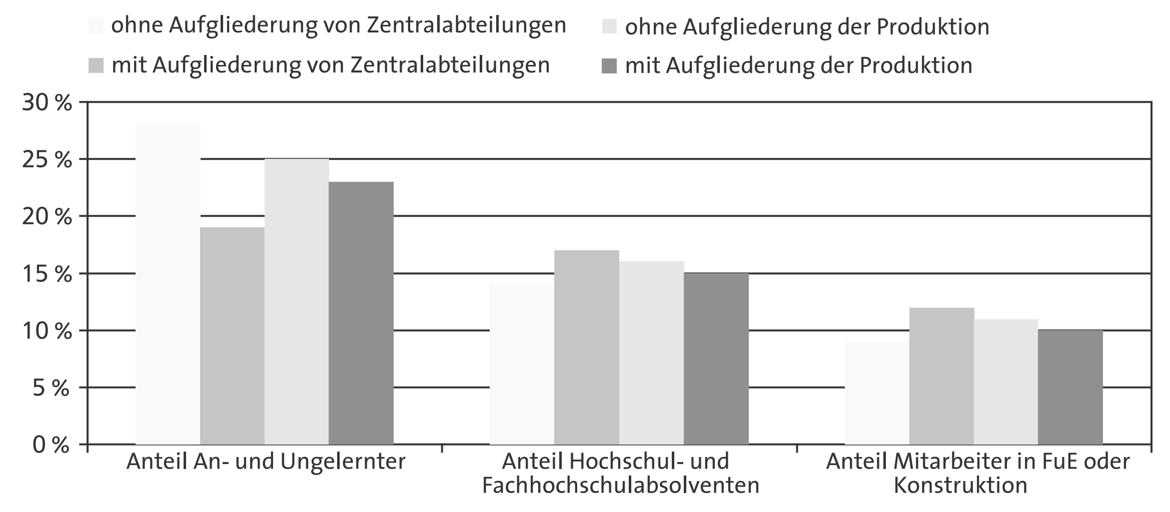
Vor dem Hintergrund dieser theoretischen Annahmen zum Zusammenhang von marktorientierter Ausrichtung von Industrieunternehmen und dem notwendigen Qualifikationsprofil ihrer Beschäftigten ist es interessant zu untersuchen, wie sich diese Zusammenhänge in der betrieblichen Realität des deutschen Verarbeitenden Gewerbes tatsächlich darstellen. Dazu wurde wiederum auf Basis der Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“ geprüft, wie die Nutzung der marktorientierten Dezentralisierungskonzepte „Aufgliederung von Zentralabteilungen“ und „Aufgliederung der Produktion in Fertigungssegmente“ zusammenhängt mit dem Anteil der An- und Ungelernten in den Betrieben des Verarbeitenden Gewerbes, dem Anteil der Hochschul- und Fachhochschulabsolventen als höchstqualifizierte Mitarbeiter und dem Anteil der Mitarbeiter in Forschung und Entwicklung (FuE) oder Konstruktion als wichtige wissensintensive Bereiche in den produzierenden Betrieben. Die Ergebnisse der Analysen sind in Abbildung 24 zusammenfassend dargestellt.

Wie sich zeigt, ist in Betrieben, die im Zuge einer stärkeren Marktorientierung eine Aufgliederung ihrer Zentralabteilungen vorgenommen haben, der Anteil An- und Ungelernter an den Beschäftigten mit 19 Prozent im Mittel deutlich geringer als in Betrieben, die diese Abteilungen zentral belassen haben (28 Prozent). Dieser Unterschied ist nicht nur sehr deutlich, sondern auch auf dem 1 Prozent-Niveau signifikant. Dagegen ist der Unterschied beim Anteil der An- und Ungelernten zwischen den Betrieben, die eine produkt- oder kundenbezogene Aufgliederung ihrer Produktion in Fertigungssegmente vorgenommen haben oder nicht, relativ gering und nicht signifikant (25 bzw. 23 Prozent).

Auch beim Anteil der Hochschul- und Fachhochschulabsolventen an den Beschäftigten zeigen sich Unterschiede zwischen Betrieben, die ihre Zentralabteilungen zumindest teilweise marktorientiert aufgegliedert haben oder

Abbildung 24

Marktorientierte Dezentralisierungskonzepte und Qualifikationsprofile



Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen

nicht. Wird diese marktorientierte Organisationsform genutzt, so liegt der Hochschul- und Fachhochschulabsolventenanteil bei im Mittel 17 Prozent, während er in Betrieben ohne diese Strukturen nur etwa 14 Prozent beträgt. Diese Differenz ist auf dem 5 Prozent-Niveau statistisch signifikant. Beim Anteil der Höchstqualifizierten zeigen sich dagegen keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Unternehmen, die eine Aufgliederung ihrer Produktionen in kundenbezogene Segmente vorgenommen haben oder nicht.

Neben der Qualifikationshöhe ist zudem interessant, ob im Kontext der Nutzung marktorientierter Dezentralisierungskonzepte ein anderer Bedarf an Beschäftigten in wissensintensiven Bereichen, wie zum Beispiel Forschung und Entwicklung (FuE) oder Konstruktion, besteht als in Betrieben ohne diese Formen marktorientierter Dezentralisierung auf Unternehmensebene. Auch hier zeigt sich, dass Betriebe, die ihre Zentralabteilungen marktorientiert aufgegliedert haben, mit im Mittel 12 Prozent einen deutlich und signifikant höheren Anteil ihrer Mitarbeiter in FuE oder Konstruktion beschäftigen als Betriebe ohne dieses marktorientierte Dezentralisierungsmuster mit 9 Prozent (Differenz signifikant auf dem 1 Prozent-Niveau). Auch der Anteil der in FuE oder Konstruktion Beschäftigten differenziert nicht zwischen Nutzern und Nichtnutzern einer Aufgliederung der Produktion in Fertigungssegmente.

Insgesamt lassen die Ergebnisse vermuten, dass eine Aufgliederung der Produktion in Fertigungssegmente allein keine nachhaltigen Auswirkungen auf die Zusammensetzung der Belegschaft hinsichtlich ihrer Qualifikationserfordernisse mit sich bringt. Anders sieht es aus, wenn Betriebe nicht nur ihre Produktionsabläufe produkt- oder kundenbezogen ausrichten, sondern ihre zentralen Bereiche marktorientiert dezentralisieren und neu ausrichten. In diesem Falle scheinen die Betriebe durch veränderte Zuständigkeiten und erhöhte Anforderungen an das Verständnis und die Steuerung des Gesamtprozesses dazu überzugehen, weniger An- und Ungelernte und mehr Hochqualifizierte einzustellen. Darüber hinaus scheint es durch die direkte Angliederung von Konstruktions- und teilweise auch Forschungs- und Entwicklungsaufgaben an marktorientierte Strukturen auch Notwendigkeiten zu geben, mehr Mitarbeiter in diesen wissensintensiven Bereichen zu beschäftigen. Ob diese Zusammenhänge aber auch dann noch Bestand haben, wenn parallel wichtige Strukturgrößen der Betriebe, wie beispielsweise Unternehmensgröße, Branchenzugehörigkeit, Seriengröße der Produktion oder Produktkomplexität in einem multivariaten Modell mitgetestet werden, muss sich im Folgenden erst noch erweisen. So könnte es zum Beispiel sein, dass Maschinenbaubetriebe, die vergleichsweise häufig Zentralabteilungen kunden- oder marktorientiert aufgegliedert haben (Abbildung 22), aufgrund ihrer wissensintensiven und komplexen Produktionsprozesse gerade auch einen vergleichsweise geringen Anteil An- und Ungelernter an ihren Beschäftigten aufweisen.

Wie sich zeigt, hat in einer multivariaten Regressionsanalyse der bivariat nachgewiesene Zusammenhang zwischen einer Aufgliederung von Zentralabteilungen und dem Anteil der An- und Ungelernten an den Beschäftigten keinen Bestand mehr. Zwar intendiert das Vorzeichen immer noch einen tendenziell geringeren Anteil An- und Ungelernter in Betrieben, die ihre Zentralabteilungen zumindest teilweise markt- bzw. kundenorientiert aufgegliedert haben, doch ist dieser Zusammenhang nicht mehr statistisch signifikant (Tabelle 11). Dies liegt insbesondere daran, dass Hersteller komplexer Erzeugnisse in Einzel- und Kleinserie überdurchschnittlich häufig Zentralabteilungen marktorientiert aufgegliedert haben, gleichzeitig aber auch gerade diese Betriebe einen signifikant unterdurchschnittlichen Anteil An- und Ungelernter an ihren Beschäftigten aufweisen.

Dagegen zeigt sich der positive Zusammenhang zwischen einer marktorientierten Aufgliederung von Zentralabteilun-

gen und dem Anteil der Hochschul- und Fachhochschulabsolventen an den Beschäftigten eines Betriebes auch in der multivariaten Betrachtung (Tab 12). Demnach ist der Anteil an Hochschul- und Fachhochschulabsolventen in einem typischen Betrieb, der eine marktorientierte Aufgliederung seiner Zentralabteilung vorgenommen hat, um etwa 2 Prozent-Punkte höher als in einem Betrieb ohne diese Form marktorientierter Dezentralisierung. Diese Differenz ist auf dem 5 Prozent-Niveau statistisch signifikant. Zwischen dem Anteil der hochqualifizierten und einer kunden- bzw. produktbezogenen Aufgliederung der Produktion in Fertigungssegmente zeigt sich wie schon bei der bivariaten Betrachtung kein signifikanter Zusammenhang.

Auch der statistisch signifikante Zusammenhang zwischen einer kundenorientierten Aufgliederung von Zentralabteilungen und dem Anteil der in Forschung und Entwicklung bzw. Konstruktion Beschäftigten bleibt in einer multivariaten Modellierung bestehen (Tabelle 13). Auch bei diesen wissensintensiv Beschäftigten weist ein typischer Betrieb, der seine Zentralabteilungen marktorientiert aufgegliedert hat, einen um etwa 2 Prozentpunkte höheren Anteil auf als ein Betrieb ohne diese Organisationsform.

Tabelle 11

Multivariate Regression zum Anteil An- und Ungelernter (Wurzel aus Anteil An-/Ungelernter, Auszug[12])

unabhängige Variable	B	Beta	Signifikanz
Aufgliederung von Zentralabteilungen j/n	-0,206	-0,036	0,231
Aufgliederung der Produktion j/n	0,003	0,005	0,875
Korr. R^2		0,301	

Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen

Tabelle 12

Multivariate Regression zum Anteil Hochschul-/Fachhochschulabsolventen (Wurzel aus Anteil Hochschul-/Fachhochschulabsolventen, Auszug[12])

unabhängige Variable	B	Beta	Signifikanz
Aufgliederung von Zentralabteilungen j/n	0,268	0,069	0,029**
Aufgliederung der Produktion j/n	-0,134	-0,035	0,270
Korr. R^2		0,240	

Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen)

Tabelle 13

Multivariate Regression zum Anteil Mitarbeiter in FuE-Konstruktion (Wurzel aus Anteil Mitarbeiter in FuE-Konstruktion, Auszug[12])

unabhängige Variable	B	Beta	Signifikanz
Aufgliederung von Zentralabteilungen j/n	0,300	0,090	0,003***
Aufgliederung der Produktion j/n	-0,114	-0,034	0,248
Korr. R^2		0,320	

Lesehilfe: Signifikant (*) und damit gewiss nicht statistisch zufällig sind nur jene Zusammenhänge, bei denen in der Spalte „Signifikanz“ ein Wert < 0,1 aufgeführt ist, was einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 10 Prozent gleichkommt.

Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen

[12] Gleichzeitig getestet wurden in der multivariaten Analyse die unabhängigen Variablen Vorhandensein von Gruppenarbeit (enge Definition), Produktionsverlagerung j/n, Umsatzanteil produktbegleitender Dienstleistungen, Betriebsgröße, Komplexität der hergestellten Produkte, Seriengröße der Produktion sowie die Branchen Gummi- und Kunststoffwaren, Maschinenbau, Elektroindustrie, Medizin-, Mess-, Steuer-, Regelungstechnik, Optik sowie Automobil- und Sonstiger Fahrzeugbau (Tabelle A7, A8 u. A9 im Anhang).

Ingesamt kann damit festgehalten werden, dass eine marktorientierte Aufgliederung und Ausrichtung von Zentralabteilungen in den Betrieben des Verarbeitenden Gewerbes mit einem höheren Anteil Höchstqualifizierter (Hochschul- und Fachhochschulabsolventen) sowie mit einem höheren Anteil in Konstruktion oder Forschungs- und Entwicklungsaufgaben Beschäftigter einhergeht. Ein statistisch belastbarer Zusammenhang zwischen dem Anteil der An- und Ungelernten an den Beschäftigten und der Nutzung marktorientierter Dezentralisierungsformen in produzierenden Betrieben ist dagegen nicht nachweisbar. Damit konnte die These, wonach die Einführung marktorientierter Organisationskonzepte über den Hebel der höheren Selbstständigkeit und Selbststeuerungskompetenz zu einer Anhebung des Qualifikationsniveaus führen müsste, partiell bestätigt werden. Dies betrifft aber nur höchstqualifizierte und wissensintensive Tätigkeiten, die in diesen Strukturen zunehmend benötigt werden. Dagegen scheinen die Betriebe auch in den neuen Strukturen weiterhin Möglichkeiten zu finden, auch mit „günstigeren“ an- und ungelernten Arbeitskräften zu produzieren.

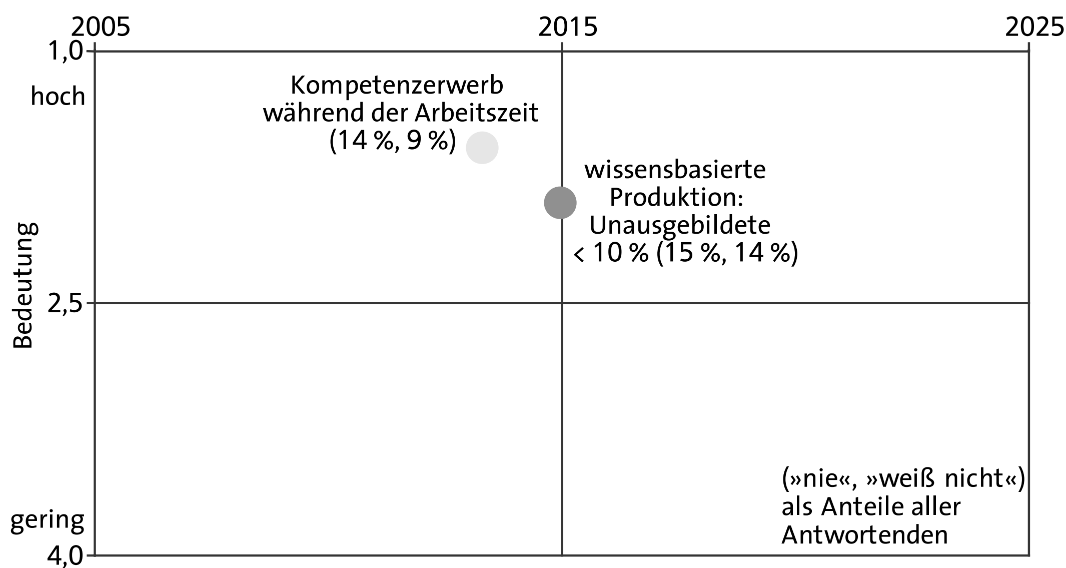
Eine zunehmend wissensbasierte Produktion wird auch von den deutschen Produktionsexperten, die an der europäischen Delphi-Studie zur Zukunft der Produktion (Fraunhofer ISI 2005) teilgenommen haben, als sehr wichtiges Element einer zukünftig wettbewerbsfähigen Produktion in Europa eingeschätzt. Die These, dass Industrieunternehmen zunehmend wissensbasiert produzieren und der Anteil der Unausgebildeten weniger als 10 Prozent an ihren Beschäftigten ausmacht, wird als überdurchschnittlich wichtig eingeschätzt und nur von etwa 15 Prozent der 144 antwortenden deutschen Produktionsexperten abgelehnt (Abbildung 25).

Bei dieser These wird also im Unterschied zu den bisherigen Befunden auch davon ausgegangen, dass sich der Anteil der an- und ungelernten Beschäftigten im Zuge einer zunehmenden Markt- und Kundenorientierung der Produktion an deutschen Produktionsstandorten zukünftig signifikant verringern wird. Die breite Nutzung dieser Art der Produktion wird um das Jahr 2015 erwartet. Die befragten deutschen Produktionsexperten erwarten auch, dass den Beschäftigten dazu während der Arbeitszeit die Möglichkeit geboten wird, neue Kompetenzen zu erwerben und einzuüben. Diese These wird insgesamt als eine der wichtigsten Bedingungen für eine wettbewerbsfähige Produktion überhaupt eingeschätzt, und es wird erwartet, dass diese Form des Kompetenzerwerbes mit vom Arbeitgeber zur Verfügung gestellten Ressourcen bereits um das Jahr 2013 weitverbreitet sein wird. Diese Ergebnisse zeigen insgesamt die Wichtigkeit, in zukünftigen Produktionssystemen die Ressource Wissen auf allen Ebenen der Produktion effektiv und effizient zu nutzen, einzusetzen, zu pflegen und zu mehren, um auch von Standorten in Hochlohnindustrieländern aus zukünftig nachhaltig wettbewerbsfähig produzieren zu können.

Abbildung 25



Experteneinschätzung zu Zukunftsthesen zur wissensbasierten Produktion



Quelle: Fraunhofer ISI 2005; eigene Berechnungen

1.6 Marktorientierte Organisationsformen und Flexibilisierung der Industriearbeit

Die Arbeitsforschung geht davon aus, dass mit der Einführung zunehmend marktorientierter Produktionsmodelle in Unternehmen die Notwendigkeit zur Flexibilisierung der Industriearbeit in sachlicher, funktionaler, räumlicher, vor allem aber zeitlicher Hinsicht einhergeht (Kern/Schumann 1984; Lenhardt/Priester 2005; Moldaschl 1998; Pongratz/Voß 2003). Dadurch, dass der Markt mehr oder weniger ungeschützt ins Unternehmen getragen wird und nicht mehr durch verschiedene vorgelagerte Bereiche des mittleren Managements vorgefiltert und weggepuffert wird, ist nicht nur ein höheres Maß an Selbstständigkeit und Selbststeuerungsfähigkeit gefordert, sondern auch ein höheres Maß an eigenverantwortlicher Flexibilität. Diese Flexibilisierung führt nahezu automatisch in eine teilweise „Entgrenzung“ von Industriearbeit und Privatsphäre, die sich zunehmend in gedanklicher, räumlicher und insbesondere zeitlicher Hinsicht „durchmischen“ (Kratzer 2003; Moldaschl 1998). Die „Entgrenzung“ hat auch eine Verschiebung des Gleichgewichts zwischen Arbeits- und Lebenswelt, vielfach diskutiert als „Work-Life-Balance“, zur Folge. Es betrifft arbeitende Menschen quer durch alle Tätigkeitsbereiche und Anstellungsformen und wird ebenso als Chance, wie auch als Gefahr gesehen. Einerseits wird befürchtet, dass die Lebenswelt zunehmend unter das Primat der Arbeitswelt gestellt wird und der Raum zur Regenerierung von der Arbeitsbelastung schrumpft. Andererseits wird die Möglichkeit, Arbeitsort und Arbeitszeit individuell und selbstbestimmt zu gestalten, als Fortschritt gegenüber starren Arbeitsformen herausgestellt (Brödner 2002; Kratzer 2003).

Am „Ende“ der Entwicklung könnte ein neuer Typus des sogenannten „Arbeitskraftunternehmers“ (Pongratz/Voß 2003; Voß/Pongratz 1998) stehen, der seine Arbeitskraft flexibel verschiedenen Arbeitgebern oder verschiedenen Organisationseinheiten seines Arbeitgebers anbietet und damit selbst aktiv Restrukturierungen und Neubegrenzungen seines Arbeitens und der dazu erforderlichen Bedingungen vornimmt. Die eigene Arbeitskraft erhält einen „Warencharakter“. Dadurch handeln Beschäftigte ähnlich wie Unternehmer, indem sie ihr Kapital – die eigene Arbeitskraft – auf dem inner- und überbetrieblichen Arbeitsmarkt anbieten. Dieser individualisierte und konsequent markt- und kundenbezogene Typus einer Arbeitskraft könnte seinen Protagonisten zufolge die bislang dominierende Form des Arbeitnehmers möglicherweise als Leitbild ablösen.

Ein Beleg für die zunehmende Flexibilisierung der Arbeitszeit ist die wachsende Verbreitung von flexiblen Arbeitszeitmodellen in Form von Arbeitszeitkonten. So arbeitet derzeit nur noch etwa die Hälfte der Beschäftigten nach einem fixen Arbeitszeitmuster, während immer mehr Beschäftigte Arbeitszeiten haben, die hinsichtlich Dauer und Lage deutlich und ungleichmäßig variieren (Seifert 2005). Zentrale Triebfeder ist hier das Interesse der Betriebe, das Arbeitskraftvolumen möglichst kurzfristig und kostengünstig, das heißt ohne Bezahlung von Überstundenzuschlägen und ohne Vorhaltung unnötiger Redundanzen, an die schwankenden Kapazitätsanforderungen des Marktes anpassen zu können (Lenhardt/Priester 2005). Wie Studien ferner zeigen, werden die Schwankungen der Arbeitszeit und damit der Steuerung der Arbeitszeitkonten überwiegend durch betriebliche Anforderungen und weniger durch persönliche Bedürfnisse der Arbeitnehmer bestimmt (Bauer et al. 2004).

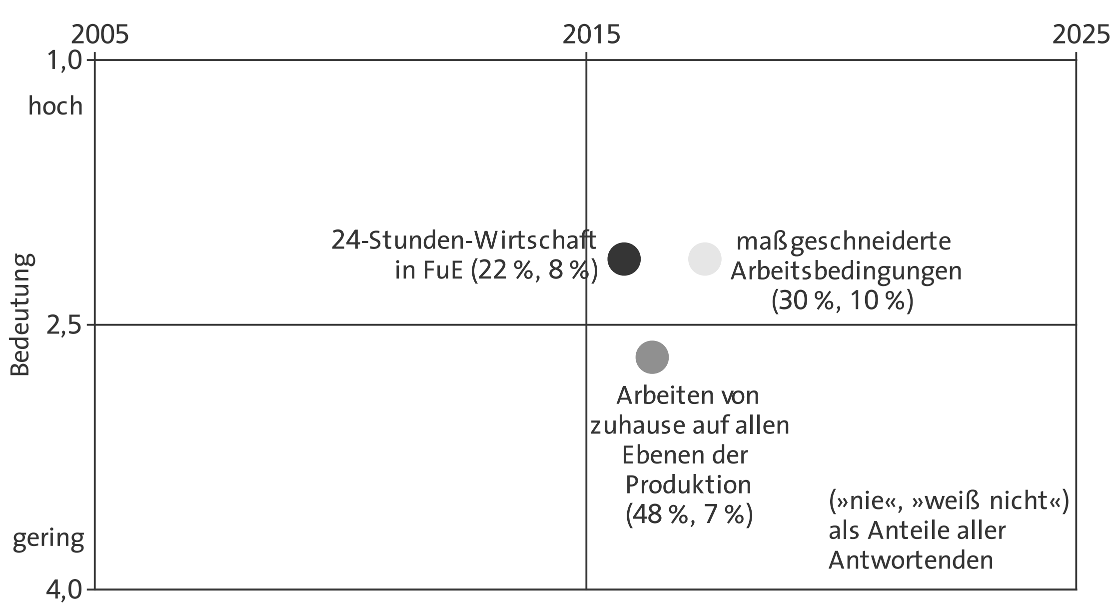
Dass diese Entwicklung in Zukunft Bestand haben und sich weiterhin verstärken könnte, zeigen auch die Ergebnisse einer europaweit in 22 Ländern durchgeführten Delphi-Befragung zur Zukunft der Produktion „Manufacturing Visions“ (Fraunhofer ISI 2005). Demnach wird zum Beispiel die These, dass Arbeitskräfte in Forschung und Entwicklung in einer 24-Stunden-Wirtschaft arbeiten werden, in deren Rahmen kontinentübergreifend an verschiedenen Standorten rund um die Uhr entwickelt wird und zeitlich flexibel Räume für Abstimmungsprozesse gefunden werden müssen, hinsichtlich ihrer Bedeutung als überdurchschnittlich wichtig eingestuft (Abbildung 26).

Die Mehrheit der 146 antwortenden deutschen Experten erwartet die Realisierung der These um das Jahr 2016, sie wird jedoch mit 22 Prozent auch von einem nicht geringen Teil der deutschen Produktionsexperten abgelehnt. Ähnlich wichtig eingestuft wird die These, dass nach den Bedürfnissen der Arbeitnehmer maßgeschneiderte Arbeitsbedingungen, Arbeitszeit- und Entlohnungssysteme verwirklicht werden. Allerdings lehnen mit 30 Prozent der 141 antwortenden deutschen Produktionsexperten noch mehr Befragte diese These ab und sehen, wenn überhaupt, eine mögliche Realisierung auch mehrheitlich nicht vor 2017. Auch diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Flexibilisierung der Arbeitszeiten auch zukünftig stärker durch betriebliche Anforderungen geprägt sein könnte als durch die Aufrechterhaltung oder Herstellung einer persönlichen „Work-Life-Balance“. Hier liegt auch zukünftig ein Spannungsfeld: Den Meinungen der deutschen Produktionsexperten nach wird die Industrie von ihren Beschäftigten eine noch weiterreichende zeitliche Flexibilität einfordern; es wird aber nur als bedingt realistisch eingeschätzt, dass die Unternehmen auch das persönliche Umfeld der Beschäftigten als ebenso wichtige Determinante eines flexiblen Arbeitseinsatzes und Garant einer nachhaltig kreativen Arbeitsleistung mit entsprechend ausgestalteten Arbeitssystemen aktiv unterstützen.

Die Tendenz zur einseitigen Flexibilisierung der Arbeitszeit als Reaktion auf die betrieblichen Anforderungen zur markt- und kundenorientierten Produktion führt tendenziell auch zu einer Intensivierung der Arbeit. Wie Auswertungen der Erwerbstätigen-Befragungen des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB) und des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) zeigen, waren bereits 1998/1999 etwa 49 Prozent der westdeutschen abhängig Beschäftigten bei ihrer Arbeit immer oder häufig starkem Termin- und Leistungsdruck ausgesetzt (Fuchs/Conrads 2003). Dieser Wert stellt gegenüber 1985/1986 einen Anstieg um gut 5 Prozentpunkte dar. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch die Befragungen des Instituts für Sozialforschung und Sozialwirtschaft (ISO) zur Ar-

Abbildung 26





Quelle: Fraunhofer ISI 2005; eigene Berechnungen

beitszeit: Demnach standen 2003 etwa 42 Prozent aller Beschäftigten immer oder häufig unter Zeit- oder Leistungsdruck (Bauer et al. 2004). Bemerkenswert ist, dass dies insbesondere für Beschäftigte mit hohem betrieblichen Status, also vor allem für Fach- und Führungskräfte gilt, von denen 56 Prozent immer oder häufig Zeit- oder Leistungsdruck verspüren (Bauer et al. 2004, S. 254 ff.). Die Ursache für dieses Missverhältnis zwischen Arbeitsanforderungen und zeitlichen wie kompetenzbezogenen Ressourcen liegt vor allem in Stoßzeiten mit überdurchschnittlichem Arbeitsanfall, Verzögerungen durch unvorhergesehene Probleme, zu engen Fristsetzungen oder Vorgabezeiten sowie permanent hohem Arbeitsanfall. Dies sind eindeutige Anzeichen für eine zunehmende Arbeitsverdichtung und Intensivierung der Industriearbeit im Kontext der Orientierung zu stärker markt- und kundenorientierten Produktionsweisen.

Gleichzeitig zeigen sich aber auch Tendenzen zu einer höheren Autonomie und einer inhaltlichen Flexibilisierung und damit Aufwertung der Industriearbeit (Lenhardt/Priester 2005). So zeigen die Auswertungen der bereits obengenannten BIBB/IAB-Erhebungen 1998/1999 auch, dass die Arbeit für 26 Prozent der Befragten in den letzten zwei Jahren vielseitiger und interessanter geworden ist, während nur 5 Prozent Gegenteiliges vermerken. Zudem berichten 42 Prozent der Befragten von gewachsenen fachlichen Anforderungen und nur 2 Prozent von einer Abnahme; und 19 Prozent der Befragten sehen bessere Möglichkeiten, ihre Arbeit selbst einzuteilen, während nur 7 Prozent hier eine Verschlechterung sehen (Jansen 2000, S. 26).

Insgesamt deuten die empirischen Befunde darauf hin, dass eine zeitliche Flexibilisierung der Arbeit, die tendenziell auch mit einer zeitlichen Intensivierung einhergeht, stattgefunden hat und in den kommenden Jahren wohl auch noch weiter zunehmen wird. Ergänzend scheint auch eine fachliche und inhaltliche „Flexibilisierung“ der Industriearbeit Platz zu greifen, die mit vielseitigeren und interessanteren Aufgaben und höheren Möglichkeiten der Selbstdisposition und -steuerung einhergeht.

Hier stellt sich jedoch auch die Frage, ob und inwieweit eine Intensivierung der Industriearbeit und daraus resultierende Belastungen durch erweiterte Handlungsspielräume und eine zunehmende Selbststeuerungs- und Selbstorganisationskompetenz der Beschäftigten überhaupt kompensierbar ist (Pröll/Gude 2003). So sprechen arbeitssoziologische Forschungsbefunde teilweise davon, dass sich die zunehmenden Selbststeuerungskompetenzen angesichts der zunehmenden Arbeitsintensität und knapper werdender Zeitressourcen häufig auf das „Selbstmanagement von Überlastung“ einengen (Kratzer 2003). Demnach scheinen die Gefahren der Selbstausbeutung der Arbeitnehmer, die mit einer tendenziellen Verschleißung und Abwertung der Ressource Arbeit einhergeht, weiter zuzunehmen. Bei einem nachhaltigeren Umgang mit der Arbeitskraft, den es zukünftig durch geeignete Modelle sicherzustellen gilt, wird dagegen die Problemlösungs- und Leistungsfähigkeit durch Lernen und Kompetenzerwerb im Arbeitsprozess an sich tendenziell eher vermehrt (Brödner 2002).

Das konsequenteste Modell einer flexibilisierten Bereitstellung von Arbeitskraft ist das Konstrukt des „Arbeits-

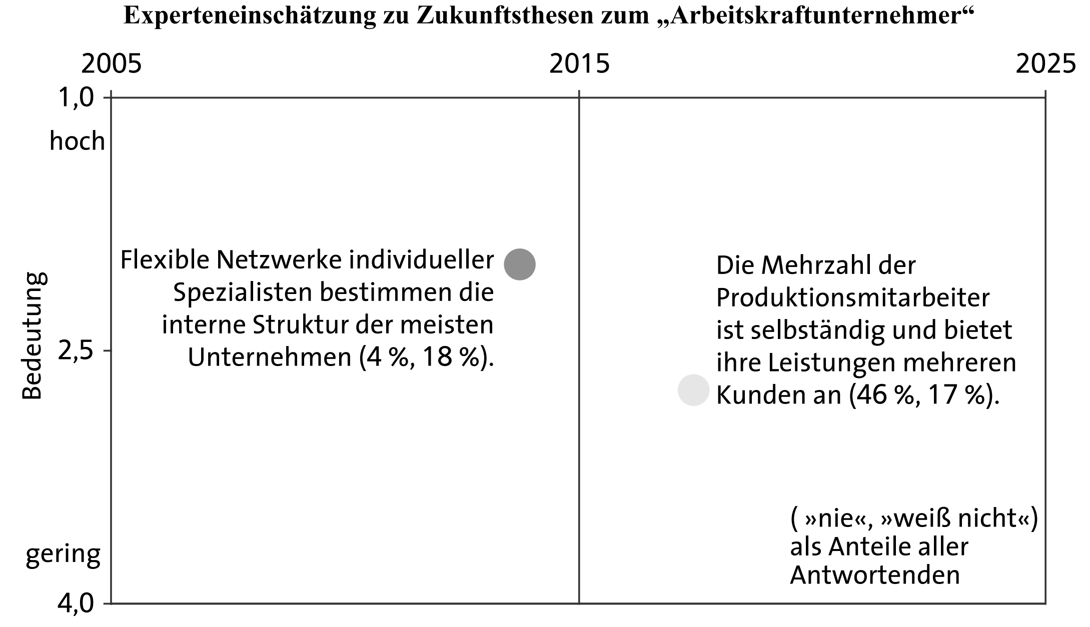
kraftunternehmers“ (Pongratz/Voß 2003; Voß/Pongratz 1998;), der seine Arbeitsleistung flexibel verschiedenen Arbeitgebern oder verschiedenen Organisationseinheiten seines Arbeitgebers anbietet und entsprechend einsetzt. Auch zu diesem Ansatz ergeben sich aus der europäischen Delphi-Befragung zur Zukunft der Produktion (Fraunhofer ISI 2005) interessante Einsichten. Demnach wird die These, wonach die Mehrzahl der Produktionsmitarbeiter ihre Leistungen selbständig mehreren Kunden anbietet, was mit einem Verlust der Bedeutung der Organisationsgrenzen eines Unternehmens als Rahmen für die Industriearbeit einhergehen würde, hinsichtlich seiner Bedeutung vergleichsweise negativ beurteilt (Abbildung 27). Zudem lehnt mit 46 Prozent der 148 antwortenden deutschen Produktionsexperten ein sehr hoher Anteil diese These des „reinen Arbeitskraftunternehmens“ ab, während die restlichen Experten eine Realisierung nicht vor 2018 für wahrscheinlich halten. Demgegenüber schätzen deutsche Produktionsexperten flexible Netzwerke individueller Spezialisten, die die interne Struktur der meisten Unternehmen bestimmen, als zukünftig überdurchschnittlich wichtig ein. Im Mittel nehmen die 180 antwortenden deutschen Produktionsexperten an, dass sich diese Form der Unternehmensorganisation im Jahr 2014 durchgesetzt haben könnte. Mit 4 Prozent ist der Anteil der Experten, die diese doch recht radikale These zur internen Arbeitsorganisation ablehnen, vergleichsweise gering.

Diese Ergebnisse legen nahe, dass auch weitreichende Formen einer internen Markt- und Kundenorientierung in den Unternehmen auf der strategischen Agenda der Unternehmen in Zukunft einen hohen Rangplatz einnehmen werden, die Auflösung der Unternehmensgrenzen als bindende Organisationseinheit aber sehr skeptisch eingeschätzt wird. Der „Arbeitskraftunternehmer“ wird seine Dienste weniger in der reinen Form verschiedenen Arbeitgebern anbieten, sondern vielleicht eher in verschiedenen Bereichen einer bestehenden Organisationsumgebung flexibel eingesetzt werden.

Ebenfalls sehr skeptisch werden die Möglichkeiten eingeschätzt, eine räumliche Flexibilisierung der Industriearbeit auf allen Ebenen der Produktion zu gewährleisten. Dies mag für bestimmte wissensintensive oder nahezu vollständig wissensbasierte Tätigkeiten, beispielsweise im Entwicklungs- oder Servicebereich, aufgrund der hohen Leistungsfähigkeit moderner Informations- und Kommunikationssysteme teilweise gelingen, doch sind auch hier oftmals enge Abstimmungsprozesse mit der Produktion, der Konstruktion oder dem Kunden notwendig, die den Ort der Leistungserbringung festlegen. Eine räumliche Flexibilisierung aller mit der Produktion verbundenen Arbeiten ist nach Ansicht der deutschen Produktionsexperten, die an der europäischen Delphi-Studie zur Zukunft der Produktion teilgenommen haben (Fraunhofer ISI 2005), auch zukünftig nicht in Sicht. Die entsprechende These wird in ihrer Bedeutung als unterdurchschnittlich wichtig erachtet und von nahezu der Hälfte der 148 antwortenden deutschen Produktionsexperten, was für Delphi-Befragungen einen überaus hohen Wert darstellt, prinzipiell abgelehnt (Abbildung 26). Die restlichen Experten sehen eine Realisierung nicht vor 2016 als wahrscheinlich an. Industriearbeit wird demnach auch in Zukunft stark an den Ort der Leistungserbringung selbst, also die Produktion, gebunden sein. Neben einer zeitlichen und inhaltlichen Flexibilisierung der Arbeit ist eine räumliche Flexibilisierung, wenn überhaupt, dann ausschließlich in stark wissensintensiven Tätigkeiten zu erwarten.

Abbildung 27

Experteneinschätzung zu Zukunftsthesen zum „Arbeitskraftunternehmer“



Quelle: Fraunhofer ISI 2005; eigene Berechnungen

1.7 Marktorientierung produzierender Unternehmen und die Zukunft der Industriearbeit

Die vorangegangenen Ausführungen und Befunde haben gezeigt, dass marktorientierte Formen der Dezentralisierung auf Unternehmensebene, wie zum Beispiel die Aufgliederung von Zentralabteilungen oder die Aufgliederung der Produktion in produkt- oder kundenbezogene Fertigungssegmente, in deutschen Industriebetrieben zwar bereits relativ breit genutzt werden. Im europäischen Vergleich sind die deutschen Betriebe bei der Nutzung dieser Konzepte aber eher auf den hinteren Plätzen zu finden. Zudem werden marktorientierte Dezentralisierungskonzepte auf der Unternehmensebene nicht immer konsequent mit entsprechenden marktorientierten Dezentralisierungskonzepten auf der Ebene der Arbeitsorganisation untersetzt (Latniak et al. 2002). Daher lässt sich auch kein belastbarer Zusammenhang zwischen der Einführung marktorientierter Unternehmenskonzepte und der Anreicherung der Tätigkeiten von Produktionsmitarbeitern um zum Beispiel rüstende, instandhaltende oder qualitätssichernde Aufgaben nachweisen. Tätigkeitsanreicherung von Industriearbeit und marktorientierte Organisationsformen auf Unternehmensebene scheinen demnach noch getrennt zu verlaufen.

Eine marktorientierte Segmentierung der Produktion allein hat zudem keine Auswirkungen auf das Qualifikationsprofil der in den jeweiligen Betrieben Beschäftigten. Dagegen ist in Industriebetrieben, die eine marktorientierte Aufgliederung ihrer Zentralabteilungen vorgenommen haben, ein signifikant höherer Anteil an Hochschul- und Fachhochschulabsolventen beschäftigt. Auch die Quote der in wissensintensiven Bereichen, wie zum Beispiel Forschung und Entwicklung oder Konstruktion, Beschäftigten ist in diesen Betrieben nachweisbar höher. Diese partielle Anhebung des Qualifikationsniveaus infolge marktorientierter Unternehmenskonzepte ist aber auf höchstqualifizierte und wissensintensive Bereiche beschränkt und geht bislang (noch) nicht mit einer Reduktion des Anteils An- und Ungelernter in diesen Betrieben einher.

Gleichwohl zeigen spezifische Auswertungen der europäischen Delphi-Umfrage „Manufacturing Visions“ (Fraunhofer ISI 2005), dass eine weite Verbreitung einer wissensintensiven Produktion mit sehr geringen Anteilen Unausgebildeter um 2015 als durchaus realistisch eingeschätzt wird. Hier sind auch die Bildungs-, Arbeits- und Wirtschaftspolitik gefordert, über neue Konzepte nachzudenken (Tabelle 14). Sollte die deutsche Industrie als wichtiger Arbeitsmarkt für Geringqualifizierte mittelfristig zumindest teilweise ausfallen, dann sind in Zusammenarbeit mit Interessenvertretungen und den Tarifparteien neue Ansätze zur Weiterqualifizierung oder Kompensation dieses Teils des Arbeitsmarktes zu entwickeln.

Tabelle 14

Marktorientierung der Produktion und Handlungsüberlegungen

Marktorientierung der Produktion und zukünftige Konzepte der Industriearbeit	Werker	Spezialisten	Führungskräfte
Tätigkeitserweiterung			
Tätigkeitsanreicherung der Werker um zusätzliche „indirekte“ Aufgaben	x	–	–
inhaltliche Aufwertung der Arbeit	x	x	–
erweiterte Autonomie und Handlungsspielräume (Selbststeuerung und -organisation; „Subjektivierung der Arbeit“)	(x)	(x)	–
Qualifikationen			
weniger Arbeit für An- und Ungelernte		H	
höherer Bedarf an Höchstqualifizierten (Hochschul- und Fachhochschulabsolventen)		H	
höherer Bedarf an „wissensintensiv“ Beschäftigten (z. B. FuE, Konstruktion)		H	
„wissensintensive Produktion“ inkl. Kompetenzerwerb während der Arbeitszeit		H	
Flexibilisierung			
zeitliche Flexibilisierung/Entgrenzung	(x)	(x)	(x)
inhaltliche Flexibilisierung/Entgrenzung	x	x	x
räumliche Flexibilisierung/Entgrenzung (z. B. Arbeiten von zuhause)	–	(x)	(x)
Intensivierung der Arbeit		H	
„Arbeitskraftunternehmer“ reine Form (externer Markt)	–	B	–
„Arbeitskraftunternehmer“ in der Binnenorganisation		H	

x, (x) = (Ansätze für) Konzepte/Lösungen vorhanden; – = nicht relevant/kein Bedarf; H = Handlungsüberlegungen erforderlich; B = Beobachtungsbedarf
Quelle: eigene Zusammenstellung

Bei Hochschul- und Fachhochschulabsolventen sowie „wissensintensiv“ Beschäftigten stellt sich das Problem entgegengesetzt dar. Hier ist heute schon absehbar, dass sich der zum Beispiel im Ingenieurbereich bereits spürbare Absolventen- und Fachkräftemangel in Zukunft durch den demografischen Wandel und über lange Jahre geringe Studentenzahlen in Deutschland noch weiter verschärfen wird (Grupp et al. 2004). Hier sind insbesondere die Bildungs- und die Wirtschaftspolitik gefordert, die Attraktivität einer herausfordernden Tätigkeit in der deutschen produzierenden Industrie aktiv herauszustellen und an die zukünftigen Generationen von Fach- und Führungskräften ansprechend zu kommunizieren.

Ein weiterer Ansatzpunkt zeigt sich im Kontext der zunehmend wissensintensiven Produktion und der resultierenden Notwendigkeit, zukünftig noch häufiger und immer wieder berufsbegleitend neue Kompetenzen zu erlernen und einzuüben. Ansätze könnten hier Konzepte des „lebenslangen Lernens“ bieten, wonach die Zeit der (unspezifischen und spezifischen) Erstausbildung in Schule und gegebenenfalls Studium zunächst verkürzt wird, die Menschen aber einen Anspruch auf späteres Lernen und Weiterbildung in ihren jeweiligen beruflichen Kontexten erwerben. Doch auch andere Konzepte einer berufsbegleitenden Weiterbildung und „Wissensintensivierung“ sind hier denkbar und sollten von Bildungs- und Wirtschaftspolitik aktiv vorangetrieben werden.

Schließlich sind auch Konzepte anzudenken, die der zunehmend einseitig von den Unternehmen eingeforderten Flexibilisierung bei gleichzeitiger Intensivierung der Arbeit entsprechende Ansätze zur Aufrechterhaltung der „Work-Life-Balance“ gegenüberstellen. Nicht von ungefähr schätzen es deutsche Produktionsexperten nur als bedingt realistisch ein, dass die Unternehmen zukünftig Arbeitssysteme aktiv unterstützen, die auch das persönliche Umfeld der Beschäftigten als wichtige Determinante eines flexiblen Arbeitseinsatzes und Garant einer nachhaltig kreativen Arbeitsleistung entsprechend berücksichtigen. Unter den derzeitigen Bedingungen wird eine entsprechende These von einem Drittel der Experten abgelehnt und von den restlichen erst um 2018 erwartet (Abbildung 26). Hier ist Raum und Bedarf für die Arbeits- und Wirtschaftspolitik, zusammen mit Interessenvertretungen und den Tarifparteien neue Ansätze für nachhaltige und beidseitig flexible Konzepte des Arbeitseinsatzes zu entwerfen.

2. Teamorientierte Arbeitsorganisation

2.1 Ausgangslage und Problemstellung

Die Arbeitsorganisation im Prozess der Industrialisierung war über lange Jahre vom Leitbild immer spezialisierterer und damit enger werdender Tätigkeitszuschnitte für die Beschäftigten geprägt. Ziel dieser Entwicklung war die Erreichung höchstmöglicher Produktivität nach dem tayloristischen Leitbild der Organisationsgestaltung, das von Ford mit der Einführung des Fließbandes technisch unterstützt wurde. Dieses Leitbild war auf eine Massenproduktion ausgerichtet. Es verlor damit jedoch spätestens in den 1980er Jahren seinen universellen Lösungsanspruch. In dem Maße, in dem auf den Märkten Flexibilitätsgesichtspunkte und Kundenorientierung für die Wettbewerbsfähigkeit der Firmen an Bedeutung gewannen, war die Balance zwischen produktivitätssteigernder Spezialisierung und flexibilitäts- bzw. qualitätsorientierter Aufgabenintegration neu zu justieren (Kern/Schumann 1984; Piore/Sable 1984).

Diese „Krise des Fordismus“ markierte zum einen die 1984 erschienene Untersuchung von Piore und Sable. Sie präsentierten die sogenannte „flexible specialisation“ als Alternative zu der aus ihrer Sicht überholten Form der Massenproduktion (Piore/Sable 1984). Die Notwendigkeit zur Kundenorientierung führe zu einer Rückbesinnung auf ganzheitliche handwerkliche Arbeitsweisen und damit zu einer Requalifizierung der Industriearbeit. Die Autoren stützten sich dabei auf Untersuchungen unter anderem in der italienischen Textilindustrie und im baden-württembergischen Maschinenbau. In beiden Fällen identifizierten sie sogenannte „Cluster“ relativ kleiner Betriebe, die sich auf die Herstellung bestimmter Produkte spezialisiert hatten und in wechselnden Formen der überbetrieblichen Zusammenarbeit konkurrenzfähig ein breites Produktsortiment liefern konnten.

Im selben Jahr veröffentlichten in Deutschland Horst Kern und Michael Schumann (1984) eine Studie mit dem programmatischen Titel „Das Ende der Arbeitsteilung?“. Obwohl die Autoren diesen Titel mit einem Fragezeichen versehen hatten, transportierten die Ergebnisse ihrer Recherchen in verschiedenen Branchen eine einheitliche Botschaft: Die Zukunft der Industriearbeit liege nicht in einer weiteren Aufsplitterung der Tätigkeitsinhalte, sondern in einer Reintegration. Sie belegten diese Trendeinschätzung mit empirischen Belegen, die zeigen sollten, dass die Unternehmen die Zeichen der Zeit erkannt und tayloristische Prinzipien zugunsten ganzheitlicher Tätigkeitszuschnitte aufgegeben hatten.

Die aufgewertete Bedeutung einer ganzheitlicheren Arbeitsorganisation für die Positionierung der Industriebetriebe auf ihren Märkten schlug sich nieder in der Entstehung und der Propagierung verschiedener Reorganisationskonzepte. Aufbauend auf der Lean-Production-Studie des MIT (Womack et al. 1990) sei hier nur beispielhaft verwiesen auf das „Business Re-engineering“ (Hammer/Champy 1994), das „Agile Unternehmen“ (Goldmann et al. 1995) oder die „Fraktale Fabrik“ (Warnecke 1992). In vielen dieser Konzepte waren Team- oder Gruppenarbeitsstrukturen anstelle von Einzelarbeitsplätzen ein wesentliches Moment des veränderten Leitbildes.

Das Konzept der Gruppenarbeit griff dabei zurück auf Ideen und Erfahrungen aus Pilotprojekten, die bereits Anfang der 1970er Jahre stattgefunden hatten. Zu erwähnen ist dabei zum einen das PKW-Montagewerk von Volvo in Kalmar. Sogenannte teilautonome Arbeitsgruppen waren dort eingeführt worden und bildeten einen starken Kontrast zu der Fließmontage in den anderen Automobilwerken dieser Zeit (Berggren 1991). Aber auch in Deutschland fanden bereits damals entsprechende Experimente mit der Gruppenarbeit statt. So implementierte VW, gefördert durch das Programm zur Humanisierung des Ar-

beitslebens, in seinem Motorenwerk in Salzgitter ein Pilotprojekt mit teilautonomen Arbeitsgruppen (BMFT 1980).

Da diese Experimente mit teilautonomen Gruppen noch in einer Phase traditioneller, die Massenproduktion begünstigender Marktstrukturen durchgeführt worden waren, konnten sie keine breitere Akzeptanz erlangen. Ende der 1980er bzw. Anfang der 1990er Jahre änderte sich dies unter den eingangs skizzierten Marktveränderungen mit weitreichenden Konsequenzen. Gruppenarbeit wurde zu einem neuen Schlüsselbegriff für die Reorganisation der Betriebe.

Parallel zu diesem Bedeutungszuwachs entwickelte sich jedoch auch eine zunehmende Unschärfe des Begriffs „Gruppenarbeit“. Da Gruppenarbeit zu einem Modebegriff wurde, subsummierten verschiedene Autoren ganz unterschiedliche Gestaltungsprinzipien unter diesem Label. Dies hatte zur Konsequenz, dass Arten der Gruppenarbeit definitorisch gegeneinander abzugrenzen waren, um sicherzustellen, was in einzelnen Berichten unter Gruppenarbeit gemeint war und ob über das gleiche Phänomen berichtet wurde. So benennt Weber (1999) fünf Typen industrieller Gruppenarbeit, die sich hinsichtlich ihrer Regulationserfordernisse grundlegend unterscheiden:

– Die teilautonome Gruppenarbeit, in der alle Gruppenmitglieder an allen Entscheidungsbereichen beteiligt sind und gemeinsam anspruchvolle Regulationsfunktionen ausführen.

– Die teilautonome Gruppenarbeit mit verteilten Entscheidungsbereichen, in der zwar eine Aufteilung der Mitarbeiter in Untergruppen mit verschiedenen Entscheidungsfeldern vorliegt, die Mehrzahl der Mitglieder jedoch an anspruchsvollen Entscheidungen beteiligt ist.

– Die Gruppenarbeit mit rotierenden Entscheidungsbereichen, in der anspruchsvolle Regulationsfunktionen an einzelne Gruppenmitglieder im Rotationsprinzip delegiert sind.

– Die restriktive Gruppenarbeit, in der dem Gruppenleiter die anspruchvollen, den Gruppenmitgliedern die weniger anspruchvollen Tätigkeiten übertragen worden sind.

– Das sogenannte hierarchisch geführte Kooperationsgefüge, in dem faktisch die Gruppenmitglieder nur sehr wenige bis überhaupt keine Entscheidungsbefugnisse erhalten haben, die Gruppe also eigentlich nur als Etikett existiert.

Nedeß und Meyer differenzieren anhand der Kriterien Autonomiegrad, Qualifikationsstruktur, Kompetenzwahrnehmung, Gegenstandsbereiche und Planungsreichweite zwischen vier Gruppenarbeitsmodellen (Nedeß/Meyer 2001):

– Die vollständig selbststeuernde Gruppenarbeit gewährt der Gruppe ein Selbststeuerungsrecht innerhalb eines definierten Rahmens, realisiert ein homogen hohes Qualifikationsniveau für alle Gruppenmitglieder und billigt allen Gruppenmitgliedern die Funktion der Gruppenrepräsentanz zu.

– Die qualifizierte homogene Gruppenarbeit limitiert das Selbststeuerungsrecht der Gruppe durch ein Vetorecht des außerhalb der Gruppe stehenden Vorgesetzten, verwirklicht ein homogen mittleres Qualifikationsniveau für alle Gruppenmitglieder und sieht einen gewählten Gruppensprecher vor.

– Die partiell selbststeuernde Gruppenarbeit gibt der Gruppe das Recht, ihre Entscheidungsvorschläge zu formulieren (sieht jedoch eine externe Entscheidung vor), differenziert zwischen verschiedenen Rollen mit unterschiedlichen Qualifikationen innerhalb der Gruppen und hat einen extern bestellten Gruppensprecher.

– Die rudimentäre Gruppenarbeit operiert ebenfalls mit einem fremdbestimmten Gruppensprecher, einem heterogenen und niedrigen Qualifikationsniveau der Gruppenmitglieder und hat nahezu keinen Dispositionsspielraum.

Antoni (1994) verzichtet darauf, Formen der Gruppenarbeit zu charakterisieren, sondern formuliert als Mindestbedingung dafür, dass von Gruppenarbeit gesprochen werden kann, dass

– mehrere Personen über eine gewisse Zeit nach gewissen Regeln und Normen eine aus mehreren Teilen bestehende Arbeitsaufgabe bearbeiten, um gemeinsame Ziele zu erreichen,

– die Gruppe optimalerweise fünf bis sechs Mitarbeiter umfasst und dass

– in der Gruppe zusammenhängende Arbeitsprozesse erfüllt werden, was die Qualitätssicherung einschließt.

Wie diese definitorischen Abgrenzungen zeigen, sollte mit der Verwirklichung von Gruppenarbeit der Aufgabenumfang für die Mitarbeiter in der Produktion steigen. Bislang zerstückelte Produktionsaufgaben sollten zusammengeführt, Arbeitsinhalte bzw. Tätigkeitsspektren sollten ausgeweitet werden. Fallanalysen belegen, dass bei Vorreiterfirmen diese arbeitsorganisatorische Praxis zur Umsetzung des Gruppenarbeitsgedankens in der Tat anzutreffen war. In vielen dieser Unternehmen wurden den Gruppen zusätzlich zu den reinen Produktionstätigkeiten auch die in den oben zitierten engeren Definitionen des Begriffs „Gruppenarbeit“ geforderten produktionsvorbereitenden und produktionsbegleitenden Aufgaben übertragen. Dazu gehörten dementsprechend die Qualitätssicherung, das Einrichten und Umrüsten der Maschinen und Anlagen sowie Instandhaltungsarbeiten (u. a. Hoben 1997; Senft/Kohlgrüber 1997).

Hinsichtlich der Frage, ob sich das Konzept der Gruppenarbeit mit seinem ihm inhärenten „Ende der Arbeitsteilung“ in der deutschen Industrie breit durchsetzen konnte und inwieweit es dadurch zu einer Requalifizierung der Industriearbeit kommen wird, herrscht jedoch Uneinigkeit:

Auf der einen Seite wurde bereits 1997 von Jürgens eine Renaissance der klassischen tayloristischen Fließbandfertigung in der Automobilmontage konstatiert (Jürgens 1997). Springer (1999) bestätigte die Abkehr von den teilautonomen Gruppenarbeitskonzepten in der Automobilindustrie aufgrund eigener Erfahrungen im Management eines Unternehmens in diesem Wirtschaftszweig, auch wenn er damit nicht die partizipativen Ansätze insgesamt als Auslaufmodell verstanden wissen wollte. Aktuell konstatiert auch Dankbaar (2006), dass das Ende der Arbeitsteilung sicherlich noch nicht in Sicht sei. Er bestätigt, dass in der europäischen Automobilindustrie sogar eine rückläufige Entwicklung zu beobachten sei: Während in den 1980er Jahren in einigen Ländern mit Aufgabenintegration, Teamkonzepten und fließbandloser Montage experimentiert worden sei, seien in den 1990er Jahren überall wieder Fabriken mit kontinuierlich bewegten Montagelinien und kurzen Zykluszeiten eingerichtet worden. Dreißig Jahre nach dem Beginn der Krise sei der Taylorismus noch immer springlebendig.

Auf der anderen Seite zeigen die Ergebnisse der europaweit durchgeführten Delphi-Befragung „Manufacturing Visions“ (Fraunhofer ISI 2005) in den Jahren 2004/2005, dass selbstverantwortliche Gruppen auch in Zukunft auf der Agenda höchste Priorität haben werden. Circa 90 Prozent von mehr als 3 000 befragten europäischen Experten aus Unternehmenspraxis und Forschung bezeichneten selbstverantwortliche Gruppen mit einem großen Spektrum an Aufgaben inklusive Planungs- und Kontrollfunktionen als wichtig oder sehr wichtig für die europäische Wirtschaft. Von den knapp 500 deutschen Produktionsexperten erachten gar fast 95 Prozent dieses Konzept zukünftig als wichtig oder sehr wichtig für die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen produzierenden Industrie (Abbildung 28).

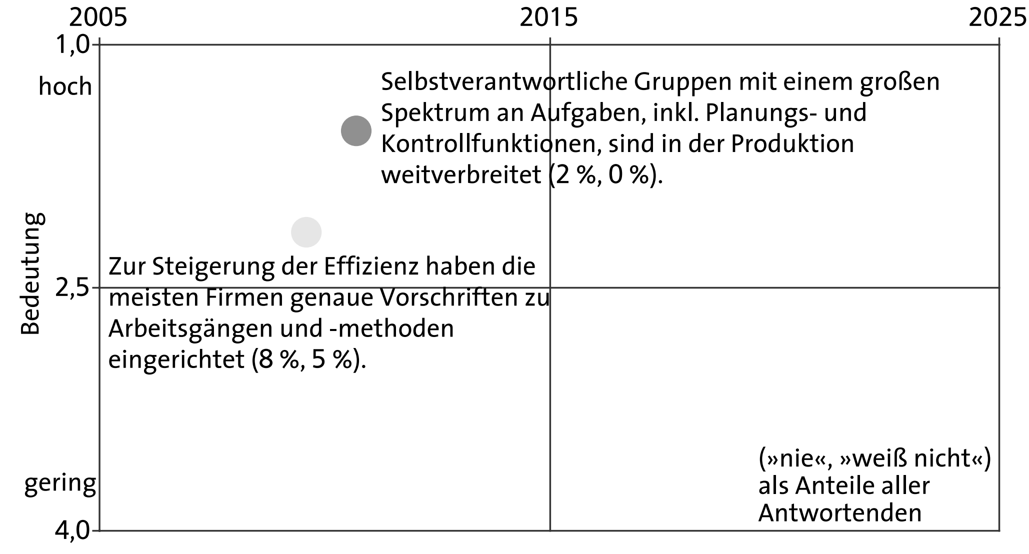
Die antwortenden deutschen Experten gehen zudem davon aus, dass bis zum Jahre 2011 selbstverantwortliche Gruppen in der Produktion auf Werkstattebene weitverbreitet sein werden. Dagegen werden stärker auf Arbeitsteiligkeit und genau spezifizierte Arbeitsgänge angelegte Arbeitssysteme von einem Drittel der antwortenden deutschen Produktionsexperten als weniger oder nicht wichtig für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie eingeschätzt. Diese Befunde deuten also eher darauf hin, dass relativ weitreichende Gruppenarbeitskonzepte mit integrierten Planungs- und Kontrollfunktionen der Produktionsmitarbeiter in den nächsten fünf bis zehn Jahren aller Voraussicht nach noch merklich an Bedeutung gewinnen werden.

Um in dieser für die Perspektiven der Industriearbeit ambivalent beurteilten Situation eine fundiertere Zukunftsabschätzung vornehmen zu können, soll im Folgenden auf der Basis repräsentativer Umfragedaten dargestellt werden,

- welche Verbreitung das arbeitsorganisatorische Konzept der Gruppenarbeit in Abhängigkeit unterschiedlicher definitorischer Abgrenzungen gefunden hat,
- wie sich im Zusammenhang mit der Verwirklichung von Gruppenarbeitskonzepten Aspekte des „job enlargement“ und des „job enrichment“ darstellen und
- wie sich vor diesem Hintergrund die Qualifikationsanforderungen der zukünftig in der Industrie Beschäftigten darstellen könnten.

Abbildung 28

Zukünftige Bedeutung selbstverantwortlicher Gruppenarbeit



Quelle: Fraunhofer ISI 2005; eigene Berechnungen

2.2 Stand und Entwicklung der Verbreitung von Gruppenarbeit

Als Datenbasis für die Analysen im Hinblick auf die zuvor skizzierten Fragestellungen stützt sich der folgende Abschnitt auf die Erhebung „Innovationen in der Produktion“ 2003 des Fraunhofer ISI bei 1 450 Betrieben des deutschen Verarbeitenden Gewerbes (Tabelle A2 u. A3 im Anhang). In dieser schriftlichen Umfrage waren die teilnehmenden Betriebe gefragt worden, ob bei ihnen Gruppenarbeit eingeführt worden ist und zu welchem Zeitpunkt dies geschehen sei. Diese Frage wurde zunächst bewusst ohne definitorische Vorgabe gestellt, die eine bestimmte Form der Gruppenarbeit beschreibt. Wie die Auswertungen der mit dieser Frage gewonnenen Angaben zeigen, verfügen nahezu zwei Drittel (63 Prozent) der deutschen Firmen über Gruppenarbeit in irgendeiner Form. Dieser Wert scheint zu signalisieren, dass Gruppenarbeit als arbeitsorganisatorisches Gestaltungsprinzip breit aufgegriffen worden ist. Die Vorhersage, dass Gruppenarbeit kein Strohfeuer sei, sondern auf dem Weg, eine vorherrschende industrielle Arbeitsorganisationsform zu werden (Horndasch 1998), scheint dadurch bestätigt zu werden.

Vertiefte Auswertungen zeigen, dass dieser Bestand an Firmen mit Gruppenarbeit in den letzten 15 Jahren entstanden ist (Tabelle 15). Ende der 1980er Jahre hatte aus dem Kreis der heutigen Anwender des Gruppenarbeitsprinzips lediglich ein sehr kleiner Teil bereits Gruppenarbeit implementiert. Die Verbreitung der Gruppenarbeit lag damals etwa bei 10 Prozent. Dieser Wert hatte sich fünf Jahre später mehr als verdoppelt. Im Jahre 1993 belief sich die Quote der Betriebe mit Gruppenarbeit auf ca. ein Viertel. Im darauf folgenden 5-Jahreszeitraum (1994 bis 1998) waren die Anteile der Firmen, die Gruppenarbeit erstmals praktizierten, vergleichsweise am größten. Knapp 23 Prozent der heutigen Anwender der Gruppenarbeit gaben an, in diesem Zeitraum dieser Form der Arbeitsorganisation übergewechselt zu sein. Damit war knapp die Hälfte der Betriebe nunmehr auf Gruppenarbeit übergegangen.

In der Zeitspanne zwischen 1999 und dem Erhebungszeitpunkt 2003 schwächte sich die weitere Verbreitung von Gruppenarbeit wieder leicht ab. Knapp 16 Prozent der Neuanwender der Gruppenarbeit ließen den Gesamtbestand von Firmen mit dieser Form der Arbeitsorganisation auf die eingangs dargestellten 63 Prozent anwachsen. In Tabelle 15 sind die entsprechenden Werte im Einzelnen dargestellt.

Trotz der etwa zwei Drittel der deutschen Unternehmen, die Gruppenarbeit eingeführt haben, zählt Deutschland im internationalen Vergleich mit zu den Ländern, die Gruppenarbeit am geringsten nutzen (Abbildung 29). Wie die parallel zur deutschen Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“ mit demselben Instrument in acht weiteren europäischen Ländern durchgeführten Erhebungen zeigten, rangieren alle anderen Länder mit ihren Nutzerquoten von Gruppenarbeit vor Deutschland. So wird die Gruppenarbeit beispielsweise in Italien von über 70 Prozent der Firmen, in Österreich und der Schweiz von etwa drei Viertel der Betriebe oder in Großbritannien von mehr als 85 Prozent der Betriebe praktiziert (Armbruster et al. 2005b). Diese Unterschiede bleiben auch bestehen, wenn die Stichproben hinsichtlich Größen- und Branchenstruktur auf eine einheitliche Struktur der EU-25-Staaten gewichtet werden, um auf strukturspezifische Verzerrungen zu kontrollieren.

Dieses Ergebnis bestätigt die Befunde einer in den 1990er Jahren durchgeführten Untersuchung (Benders et al. 1999), in der – bedingt durch den früheren Erhebungszeitpunkt und ein anderes Erhebungskonzept – auf insgesamt niedrigerem Niveau der Gruppenarbeitsnutzung

Tabelle 15

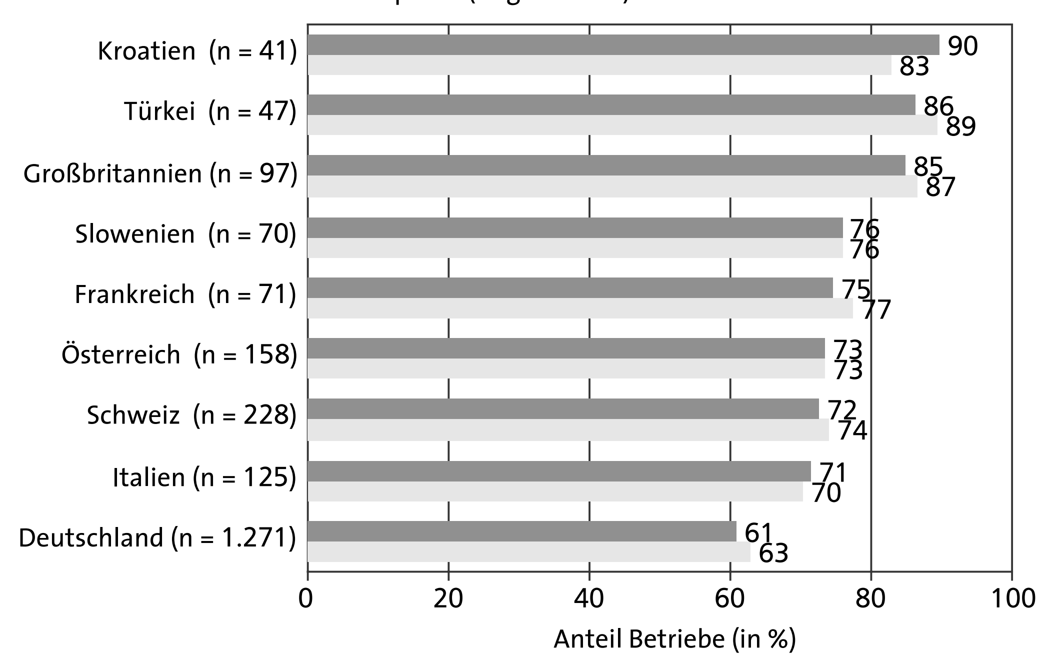
Stand und Entwicklung der Gruppenarbeit in deutschen Betrieben

	Einführung von Gruppenarbeit durch … % der deutschen Betriebe	Anteil Betriebe mit Gruppenarbeit zum Ende des 5-Jahreszeitraums in % insgesamt (kumuliert)
1968 und früher	*1,6*	*1,6*
zwischen 1969 und 1973	*1,3*	*2,8*
zwischen 1974 und 1978	*1,3*	*4,1*
zwischen 1979 und 1983	*3,0*	*7,0*
zwischen 1984 und 1988	*2,8*	*9,9*
zwischen 1989 und 1993	*15,0*	*24,9*
zwischen 1994 und 1998	*22,5*	*47,4*
zwischen 1999 und 2003	*15,8*	*63,2*

Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“

Abbildung 29

Verbreitung der Gruppenarbeit im internationalen Vergleich



Quelle: Armbruster et al. 2005b

Deutschland ebenfalls zu den Ländern zählte, die das Gruppenarbeitskonzept vergleichsweise am wenigsten umgesetzt hatten.

Da Gruppenarbeit – wie einleitend skizziert – kein normierter Begriff ist, sondern der betrieblichen Ausgestaltung relativ breiten Raum lässt, können innerhalb der Nutzer des Gruppenarbeitsprinzips recht unterschiedliche Formen dieser Organisation der Arbeit verwirklicht sein. Dies erklärt, warum Untersuchungen, die mit unterschiedlichen Erhebungskonzepten und Frageformulierungen arbeiten, zu ganz unterschiedlichen Ergebnissen bezüglich der Verbreitung von Gruppenarbeit kommen können (u. a. Wengel et al. 2002).

Vor diesem Hintergrund waren in der Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“ die Firmen, die angegeben hatten, Gruppenarbeit eingeführt zu haben, gebeten worden, ihre Form der Gruppenarbeit ergänzend zu erläutern. Dabei zeigte sich, dass die Quote der Betriebe mit Gruppenarbeit von 62 Prozent auf 50 Prozent sinkt, schränkt man Gruppenarbeit auf die Fälle ein, in denen Gruppengrößen zwischen drei und 15 Mitarbeitern verwirklich sind. Fordert man zusätzlich, dass dispositive und qualitätssichernde Aufgaben in das Zuständigkeitsspektrum der Gruppen integriert wurden, so lassen sich nur noch 45 Prozent der deutschen Firmen zum Kreis der Gruppenarbeitsnutzer zählen. Auf 21 Prozent sinkt der Anteil der Betriebe mit Gruppenarbeit schließlich, wenn man auch ein homogenes Qualifikationsniveau aller Gruppenmitglieder fordert und nur die Betriebe einbezieht, deren Gruppenarbeitskonzepte zusätzlich zu den vorgenannten Elementen auch diese Forderung erfüllen. Zwischen den Nutzerquoten von Gruppenarbeit in ihrer avanciertesten Form und Gruppenarbeit, die lediglich das Etikett dieser Arbeitsorganisation trägt, liegen demnach ca. 40 Prozent-Punkte Unterschied. Oder, anders ausgedrückt, nutzt nur etwa ein Drittel der Betriebe, die Gruppenarbeit „dem Label nach“ eingeführt haben, auch wirklich avancierte Gestaltungsformen dieses Arbeitsprinzips.

In der Abbildung 30 sind die Verbreitungszahlen in den zuvor beschriebenen unterschiedlichen Definitionen der Gruppenarbeit grafisch aufgetragen. Zusätzlich findet sich in dieser Darstellung vermerkt, welcher Anteil der Betriebe mit Gruppenarbeit in der jeweiligen Definition angegeben hatte, die entsprechende Form der Gruppenarbeit bereits flächendeckend eingeführt zu haben. Es wird deutlich, dass auch hier nochmals bedeutsame Unterschiede festzuhalten sind. Je nach definitorischem Zuschnitt gaben lediglich zwischen 3 und 10 Prozent der Firmen an, ihre jeweilige Form der Gruppenarbeit bereits umfassend verwirklicht zu haben. Zugespitzt bedeutet dies, dass lediglich 3 Prozent der deutschen Betriebe von sich behaupten können, über die Form der teilautonomen oder selbststeuernden Gruppenarbeit mit homogenem Qualifikationsprofil flächendeckend zu verfügen.

Die hier vorgestellten Ergebnisse korrespondieren mit der bereits früher herausgearbeiteten Erkenntnis, dass Dezen-

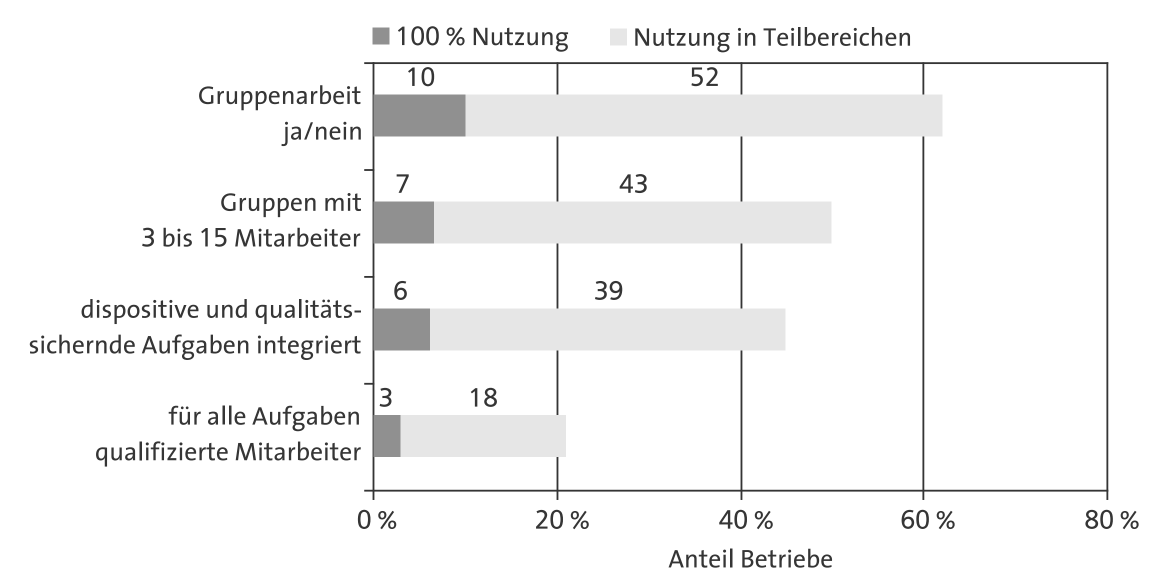
tralisierung in der deutschen Industrie eher strategischen als operativen Charakter hat (Latniak et al. 2002). Formen der operativen Dezentralisierung wie teilautonome Gruppenarbeit oder Aufgabenintegration sind demnach weit weniger verbreitet als strategische Dezentralisierungsmaßnahmen wie abgeflachte Hierarchien oder aufgegliederte Zentralabteilungen (Kap. IV.1).

Geht man der Frage nach, für welche Industriebranchen die Gruppenarbeit als neue Form der Arbeitsorganisation Relevanz besitzt, so zeigen sich keine Branchenschwerpunkte. Frühere Untersuchungen werden damit bestätigt (Nordhause-Janz/Pekruhl 2000). Aus der Abbildung 31 geht hervor, dass Gruppenarbeit ohne definitorische Einschränkung in allen erfassten Sektoren von 60 bis 70 Prozent der Firmen implementiert wurde. Betrachtet man Gruppenarbeit in ihrer weitreichenden Form, also mit Gruppengrößen von drei bis 15 Mitarbeitern, mit erweiterter Gruppenverantwortung und mit homogenen Qualifikationsprofilen aller Gruppenmitglieder, so zeigen sich auch hier keine Unterschiede zwischen den Sektoren. Gruppenarbeit ist damit ein arbeitsorganisatorisches Konzept, das in allen Industriesektoren für die Beschäftigten wirksam wird.

Analysiert man, ob die Betriebsgröße für die Anwendung der Gruppenarbeit bedeutsam ist, so findet man Anzeichen dafür, dass mit steigender Größe die Betriebe offensichtlich Gruppenarbeit stärker berücksichtigen. Aus der Abbildung 32 wird ersichtlich, dass dies jedoch nur für Gruppenarbeit ohne definitorische Vorgabe gilt. In der weitreichenden, engen Definition lässt sich keine Betriebsgrößenabhängigkeit feststellen. Dies lässt den Schluss zu, dass in größeren Betrieben das Bestreben wächst, sich als Nutzer der Gruppenarbeit darstellen zu können, auch wenn in vielen Fällen dadurch nur neue Labels für alte Formen der Arbeitsorganisation gesucht werden.

Abbildung 30

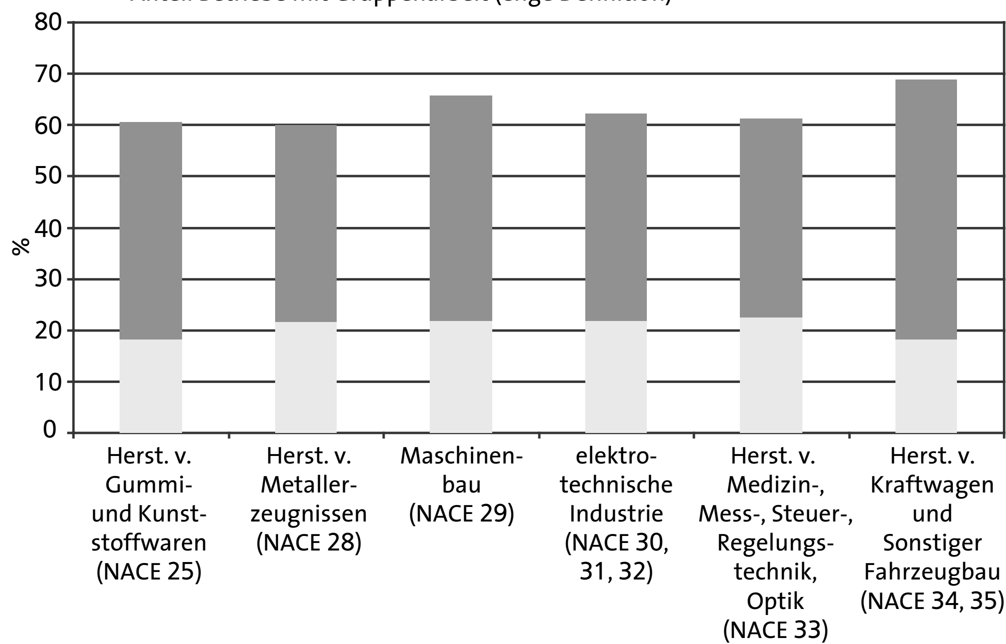
Verbreitung der Gruppenarbeit in unterschiedlichen Definitionen



Quelle: Armbruster et al. 2007

Abbildung 31

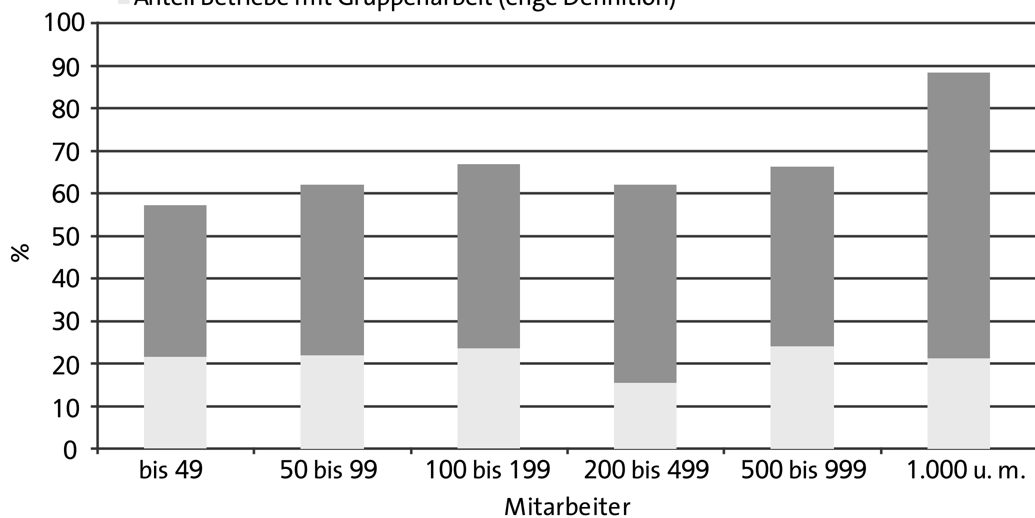
Relevanz der Gruppenarbeit in unterschiedlichen Branchen



Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen

Abbildung 32

Relevanz der Gruppenarbeit in unterschiedlichen Betriebsgrößen



Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen

2.3 Wirkungen der Gruppenarbeit auf Umfang und Inhalte der Industriearbeit

Gruppenarbeit wird – wie eingangs dargestellt – als eine neue Form der Arbeitsorganisation gesehen, die dazu beitragen soll, die im Taylorismus in immer kleinere Arbeitspakete zerlegten Tätigkeiten zu ganzheitlicherem Arbeiten zusammenzufügen. Wenn die Gruppenarbeit diesem Anspruch gerecht werden will, müssten sich in den Tätigkeitsbildern der Industriearbeiter Unterschiede darstellen lassen, je nach dem, ob die sie beschäftigenden Betriebe Gruppenarbeit realisiert haben oder nicht. Um diese Frage zu überprüfen, wurde wiederum auf die in der Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“ gewonnene Datenbasis zurückgegriffen.

In dem dieser Datenbasis zugrunde liegenden Erhebungsbogen war unter anderem erfragt worden,

– ob das Rüsten der Maschinen für die Übernahme neuer Werkstattaufträge von Meistern, Einrichtern und Vorarbeitern oder aber von den Werkern, die mit der Durchführung der unmittelbaren Produktionsaufgaben betraut sind, zu erledigen ist,

– ob Instandhaltungs- und Reparaturarbeiten an den Maschinen und Anlagen von Mitarbeitern einer speziellen Instandhaltungseinheit, von Meistern, Einrichtern und Vorarbeitern oder von den Werkern selbst ausgeführt werden und

– ob die Sicherung und Kontrolle der Qualität der herzustellenden Werkstücke von Spezialisten aus einer für die Qualitätssicherung zuständigen organisatorischen Einheit, von Meistern, Einrichtern und Vorarbeitern oder wiederum von den Werkern selbst zu erledigen ist.

Die zu diesen Fragen für die Tätigkeitsbilder der Werker gewonnenen Angaben wurden für die vorliegende Analyse danach unterschieden, ob die antwortenden Betriebe Gruppenarbeitskonzepte verwirklicht hatten oder ob sie über solche Konzepte nicht verfügten. Die Ergebnisse sind in der Abbildung 33 zusammengefasst.

Aus dieser Darstellung wird deutlich, dass die Arbeitsteilung bezüglich der Rüstaufgaben zwischen Meistern, Einrichtern und Vorarbeitern auf der einen Seite und den Werkern auf der anderen Seite in Betrieben mit und ohne Gruppenarbeit nahezu in exakt der gleichen Weise anzutreffen ist. In beiden Betriebsgruppen sind die Werker in etwa zwei Drittel der Fälle Selbstrüster. Dieser Befund unterscheidet sich auch nicht danach, ob man Gruppenarbeit ohne definitorische Vorgabe als Differenzierungsmerkmal anwendet oder ob man die enge Definition der eher teilautonomen Gruppenarbeit verwendet. Damit ist die Arbeitsteilung hinsichtlich der Rüstvorgänge durch die Einführung von Gruppenarbeit nicht aufgehoben. Auch in Gruppenarbeitsstrukturen existieren Spezialisierungen der Tätigkeitszuordnung, die zur Folge haben, dass Produktionsarbeit und Umrüsttätigkeiten in etwa einem Drittel der Betriebe nicht zusammengeführt wurden.

Instandhaltungstätigkeiten werden in 31 Prozent der Betriebe ohne Gruppenarbeit (33 Prozent ohne Gruppenarbeit in enger Definition) und in 35 Prozent der Betriebe mit Gruppenarbeit (36 Prozent bei Gruppenarbeit in enger Definition) mit dem Aufgabenspektrum der Werker verbunden. Diese Unterschiede sind aber statistisch nicht signifikant. Daher kann von einer Realisierung von Gruppenarbeitsstrukturen nicht auf eine Anreicherung von Produktionsarbeitern um Instandhaltungstätigkeiten geschlossen werden. Gruppenarbeit erweist sich damit auch im Bereich der Instandhaltungstätigkeiten nicht als Treiber einer Arbeitsanreicherung für die Werker.

Die Kontrolle und Sicherung der Qualität der hergestellten Werkstücke wird in Betrieben mit Gruppenarbeit zu knapp 37 (weite Definition) bzw. knapp 41 Prozent (enge Definition) den Werkern zugeordnet. Der Vergleichswert in Betrieben ohne Gruppenarbeit liegt bei 30 Prozent in der weiten Definition von Gruppenarbeit und bei 33 Prozent in der engen Gruppenarbeitsdefinition. Diese Unterschiede zwischen den Firmengruppen sind statistisch signifikant. Daher kann gefolgert werden, dass in Betrieben mit Gruppenarbeit unabhängig von der Gruppenarbeitsdefinition die Qualitätssicherung eher mit den unmittelbaren Produktionsaufgaben der Werker verbunden wird als in Betrieben ohne diese Form der Arbeitsorganisation. Gleichwohl ist zu konstatieren, dass der vergleichsweise kleine Unterschied der Zuordnung von Qualitätssicherungstätigkeiten zwischen Betrieben mit und ohne Gruppenarbeit in der Praxis keine große Relevanz besitzt. Es wäre daher verfehlt, davon auszugehen, dass sich die Produktionsarbeit mit einem Übergang zu Gruppenarbeitsstrukturen in breitem Maße so verändert, dass Kompetenzen im Bereich der Qualitätssicherung erforderlich würden, um den Arbeitsanforderungen gerecht zu werden. Mit und ohne Gruppenarbeit ist die Qualitätssicherung ein Aufgabenfeld, das für ca. ein Drittel der Produktionsarbeiter Relevanz besitzt.

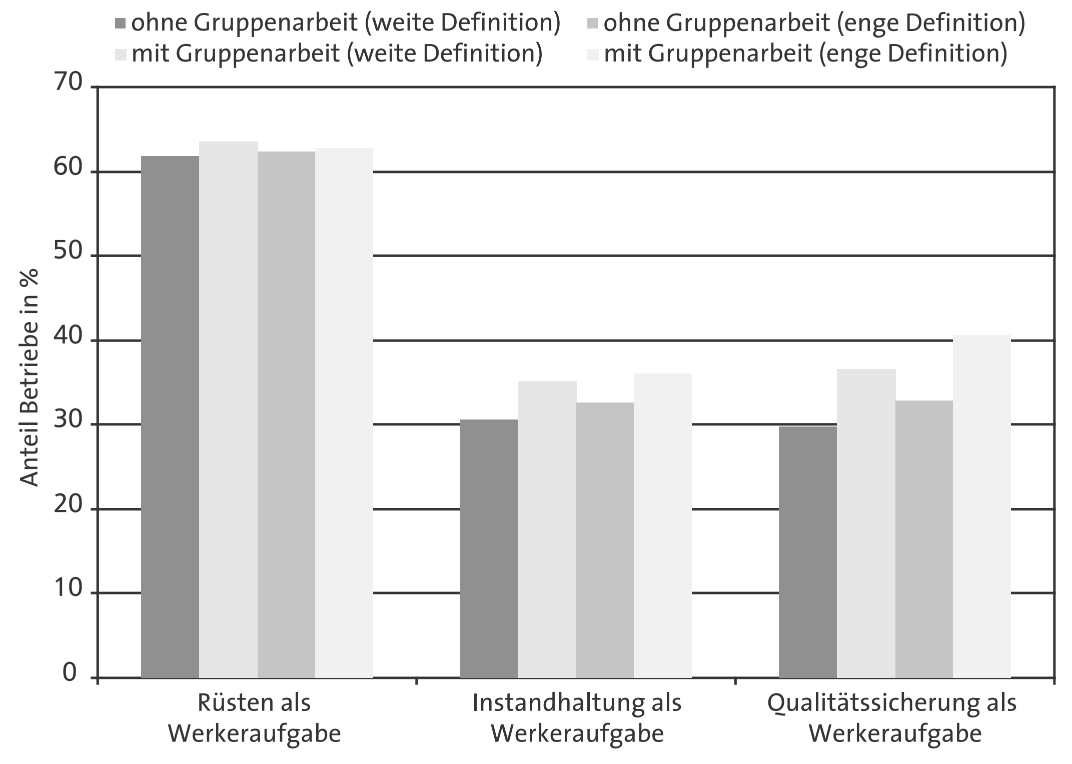
Der dargestellte Befund, dass in Gruppenarbeitsstrukturen die Tätigkeitsumfänge von Produktionsarbeit in signifikant häufigerem Maße um Qualitätssicherungsaufgaben angereichert sind, könnte auch der Tatsache geschuldet sein, dass die Vergleichsbetriebe mit und ohne Gruppenarbeit sich nicht nur in dieser Hinsicht unterscheiden. Die Rahmenbedingungen dieser beiden Betriebsgruppen könnten ebenfalls Unterschiede aufweisen, die wiederum auf die Gestaltung der Qualitätssicherungsaufgaben Einfluss haben könnten. Hierbei wären mehrere Effekte denkbar:

Zum einen könnte die These formuliert werden, dass mit steigender Betriebsgröße die Möglichkeiten zur Definition spezialisierter Tätigkeitszuschnitte in den Betrieben ansteigen. Wenn Qualitätssicherungsaufgaben bedingt durch die Größe eines produzierenden Betriebs einen Umfang annehmen, der es erlaubt, sie organisatorisch zu bündeln und spezialisierten Akteuren zuzuordnen, so könnte parallel die Häufigkeit der Betriebe abnehmen, die Produktionsarbeit und Qualitätssicherung als integrierte Tätigkeitsbilder gestalten.

Zum anderen wäre plausibel, dass die Seriengröße der in einem Betrieb produzierten Werkstücke Einfluss auf die arbeitsorganisatorische Zuordnung der Qualitätssicherungsaufgaben hat. Mit steigender Seriengröße kann die Qualitätskontrolle auf Stichproben beschränkt werden. Daher nimmt der für die Qualitätssicherung zu treibende Aufwand ab. Gleichzeitig wächst mit steigender Serien-

Abbildung 33

Tätigkeitsumfänge der Industriearbeiter in Betrieben mit und ohne Gruppenarbeit



Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen

größe die eingriffsfreie Zeit für den Werker. Beide Faktoren zusammen könnten nahelegen, dass die Qualitätssicherung nicht gebündelt und arbeitsorganisatorisch auf Spezialisten konzentriert, sondern mit der Produktionsarbeit verbunden wird.

Weiterhin könnte mit steigender Komplexität der in einem Betrieb hergestellten Produkte die Qualitätssicherungsaufgabe ebenfalls komplexer werden und so den Einsatz von Spezialisten erfordern, die hierfür besonders ausgebildet sind und sich auf diese Aufgabe beschränken. Die Verbindung der Qualitätssicherung mit der Produktionsarbeit könnte in diesen Fällen der Herstellung komplexer Produkte Probleme aufwerfen.

Neben diesen Faktoren wäre es auch denkbar, dass in bestimmten Branchen traditionell unterschiedliche arbeitsorganisatorische Kulturen existieren, die die Verbindung von Produktionsarbeit und Qualitätssicherungsaufgaben naheliegender erscheinen lassen als in anderen Branchen. Daher wurde die Branche hinsichtlich ihres Einflusses auf die Wahl der Arbeitsorganisation ebenfalls kontrolliert.

Vor diesem Hintergrund wurden in einer multivariaten Regression bezogen auf die abhängige Variable „Qualitätssicherung beim Werker“ unabhängige Variablen wie „Betriebsgröße“, „Seriengröße“, „Produktkomplexität“, „Branche“ und „Vorhandensein von Gruppenarbeit (enge Definition)“ modelliert. Das in Tabelle 16 dargestellte Ergebnis der multivariaten Regression lässt den Schluss zu, dass der schwache Trend zu einer breiteren Verbindung von Produktionsarbeit und Qualitätssicherungsaufgaben bei Betrieben mit Gruppenarbeit tatsächlich existiert und nicht durch überlagernde Effekte hervorgerufen wird. Die Chance, dass die Qualitätssicherung den Werkern zugewiesen wurde, ist in Betrieben mit Gruppenarbeit in der beschriebenen engen Definition größer als in Betrieben ohne Gruppenarbeit. Für die Gruppenarbeit ohne definitorische Vorgabe ließ sich ein solcher positiver Einfluss nicht nachweisen.

Als Zwischenfazit legen die hier vorgestellten Analyseergebnisse nahe, dass die Implementierung neuer Formen der Arbeitsorganisation wie Gruppenarbeit bezüglich der Anreicherung der Tätigkeitsinhalte der direkt mit Produktionsaufgaben betrauten Mitarbeiter in Industriebetrieben nur eine sehr begrenzte Reichweite zu haben scheint. Die Arbeitsteilung hat dem Anschein nach auch in Gruppenarbeitsumgebungen oftmals weiter Bestand. Lediglich in der Zusammenführung von Produktionsarbeit und der Übertragung von Verantwortung für die Qualität des Arbeitsergebnisses scheint die Gruppenarbeit einen begrenzten Impuls zu geben.

Tabelle 16

Multivariate Regression zur Integration von Produktionsarbeit und Qualitätssicherung (Auszug[13])

unabhängige Variable	**Exp (B)**	**Signifikanz**
Vorhandensein von Gruppenarbeit (enge Definition)	0,507	0,003***
richtig klassifiziert	*67,7 %*	

Lesehilfe: Signifikant (*) und damit gewiss nicht statistisch zufällig sind nur jene Zusammenhänge, bei denen in der Spalte „Signifikanz“ ein Wert < 0,1 aufgeführt ist, was einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 10 Prozent gleichkommt.
Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen

2.4 Auswirkungen auf die Qualifikation

Mit der Realisierung neuer Formen der Arbeitsorganisation war neben der Hoffnung auf Verbreiterung der Tätigkeitsprofile der Industriearbeiter auch die Erwartung verbunden, dass eine Requalifizierung der Industriearbeit eintreten werde. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob Gruppenarbeitsstrukturen mit einem anderen Qualifikationsprofil der Werker verbunden sind als die traditionellen Formen der Arbeitsorganisation.

Um dieser Frage nachzugehen, wurde zunächst bivariat untersucht, ob Betriebe mit Gruppenarbeit im Hinblick auf ihren Anteil an- und ungelernter Arbeitskräfte sich anders darstellen als Betriebe mit Gruppenarbeitsstrukturen. Auch hierfür wurde auf die in der Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“ gewonnene Datenbasis zurückgegriffen. Für Betriebe mit und ohne Gruppenarbeit wurde jeweils der durchschnittliche Anteil An- und Ungelernter an den Beschäftigten errechnet.

In der Abbildung 34 sind die Ergebnisse dieser Analysen dargestellt. Es zeigt sich, dass im Vergleich der Betriebe mit Gruppenarbeit (ohne definitorische Vorgabe) und ohne Gruppenarbeit ein signifikanter Unterschied im Anteil an- und ungelernter Beschäftigter zu konstatieren ist. Während Betriebe mit Gruppenarbeit im Durchschnitt lediglich 22 Prozent An- und Ungelernte beschäftigen, beläuft sich der entsprechende Wert bei Betrieben ohne Gruppenarbeit auf knapp 28 Prozent. Dieser Unterschied ist statistisch auf dem 1 Prozent-Niveau signifikant. Gleichwohl scheint dieser Unterschied in seiner Reichweite begrenzt.

Es ist anzunehmen, dass der dargestellte Unterschied sich vergrößert, ordnete man der Gruppe der Betriebe mit Gruppenarbeit nicht alle Firmenzu, die angegeben haben, Gruppenarbeit implementiert zu haben, sondern beschränkte diesen Kreis auf die Firmen mit Gruppenarbeit im engeren Sinne. Da bei Gruppenarbeit in der engen Definition die Anforderungen an die Beschäftigten im Vergleich zur Gruppenarbeit ohne definitorische Vorgabe höher sein müssten, wäre zu erwarten, dass die Möglichkeiten zur Beschäftigung An- und Ungelernter in dieser Form der Arbeitsorganisation abnimmt. Wie die Abbildung 34 zeigt, findet diese Annahme in der Empirie keine Bestätigung. Es ergibt sich zwar wiederum ein signifikanter Unterschied in der Quote der An- und Ungelernten in der erwarteten Richtung, er ist jedoch keineswegs größer als bei der Verwendung des unspezifizierten Gruppenarbeitsbegriffs.

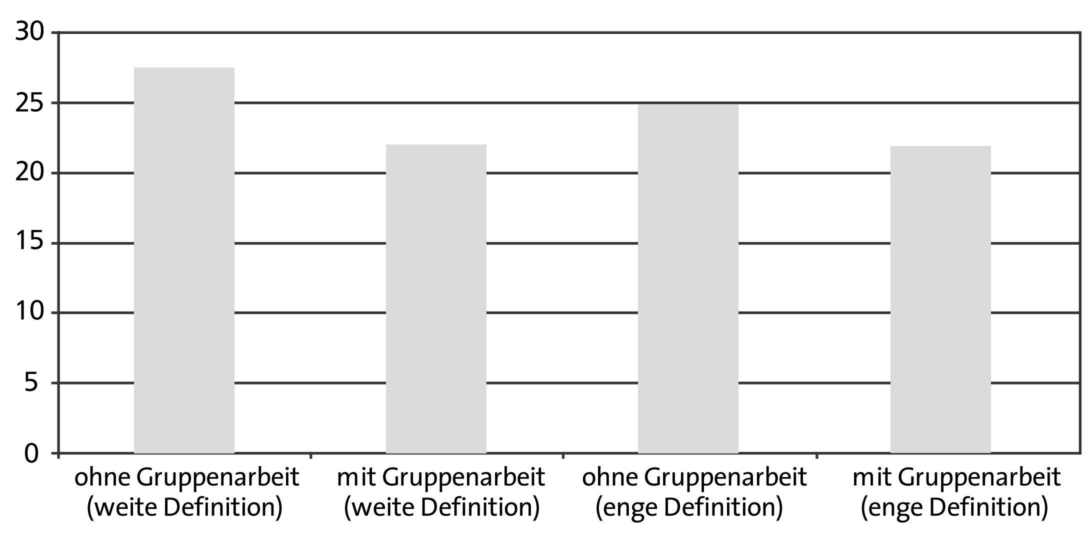
Der vergleichsweise schwache Effekt der Gruppenarbeit auf das Qualifikationsniveau in den Betrieben wird auch durch eine multivariate Analyse bestätigt. In dieser multivariaten Analyse wurde der Anteil An- und Ungelernter als abhängige Variable definiert. Als unabhängige Variable wurden neben der Gruppenarbeit im eng abgegrenzten Sinne weitere Größen einbezogen, die auf die Qualifikation in den Betrieben bekanntermaßen Einfluss haben. Branche, hergestelltes Produkt und Betriebsgröße wurden auch hier wiederum berücksichtigt und mit weiteren Variablen verbunden. In der Tabelle 17 sind die Ergebnisse dieser multivariaten Analysen ausgewiesen.

Es zeigt sich, dass der Einfluss der Gruppenarbeit in der engen Definition auf den Anteil An- und Ungelernter, der aus der bivariaten Analyse heraus vermutet werden konnte, sich in der multivariaten Analyse bestätigt. Gruppenarbeit hat eine signifikant negative Wirkung auf den Anteil an- und ungelernter Beschäftigter in den Betrieben. Die Wirkung dieser unabhängigen Variablen ist im Vergleich zu einigen anderen in diesem Modell einbezogenen unabhängigen Größen jedoch schwach.

[13] Gleichzeitig getestet wurden in der multivariaten Analyse die unabhängigen Variablen Vorhandensein von Gruppenarbeit (enge Definition), Produktionsverlagerung j/n, Umsatzanteil produktbegleitender Dienstleistungen, Betriebsgröße, Komplexität der hergestellten Produkte, Seriengröße der Produktion sowie die Branchen Gummi- und Kunststoffwaren, Maschinenbau, Elektroindustrie, Medizin-, Mess-, Steuer-, Regelungstechnik, Optik sowie Automobil- und Sonstiger Fahrzeugbau (Tabelle A4 im Anhang).

Abbildung 34

Anteile An- und Ungelernter an den Beschäftigten in Betrieben mit und ohne Gruppenarbeit



Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen

Tabelle 17

Multivariate Regression zum Anteil An- und Ungelernter (Wurzel aus Anteil An-/Ungelernter, Auszug[14])

unabhängige Variable	B	Signifikanz
Vorhandensein von Gruppenarbeit (enge Definition)	-0,325	0,097*
Korr. R^2	0,301	

Lesehilfe: Signifikant (*) und damit gewiss nicht statistisch zufällig sind nur jene Zusammenhänge, bei denen in der Spalte „Signifikanz“ ein Wert < 0,1 aufgeführt ist, was einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 10 Prozent gleichkommt.
Quelle: Fraunhofer-ISI-Erhebung „Innovationen in der Produktion 2003“; eigene Berechnungen

2.5 Fazit: Neue Formen der Arbeitsorganisation und die Zukunft der Industriearbeit

Die vorangegangenen Befunde machen deutlich, dass die in deutschen Betrieben bislang vorzufindenden Formen der Gruppenarbeit als einem zentralen Baustein neuer Formen der Arbeitsorganisation überwiegend nicht gleichzusetzen sind mit einer Anreicherung der industriellen Produktionsarbeit. Die marktbedingt begonnenen Dezentralisierungs- und Integrationsstrategien zielen darauf ab, durch die Implementierung von Gruppen die Reaktionsfähigkeit der Betriebe zu erhöhen. In der Vergangenheit spezialisierte und in bestimmten Organisationseinheiten wie der Arbeitsvorbereitung, der Instandhaltung oder der Qualitätssicherung gebündelte Zuständigkeiten werden in neugebildete Gruppen hineinverlagert, ohne jedoch die überkommene Trennung zwischen direkten und indirekten Funktionen auf der Ebene des einzelnen Funktionsträgers aufzuheben. Es entstehen überwiegend sogenannte „organisations- und regulationsorientierte Gruppen“ (Bungard 1994), in denen zum Beispiel ein Mitarbeiter die Qualitätskontrolle für den Gruppenbereich übernimmt, ein anderer Reparaturarbeiten durchführt und die übrigen Mitarbeiter ihre Tätigkeit wie vor der Gruppeneinführung auszuüben haben. Die vielfach diskutierte Frage „Homogenes Aufgabenprofil oder Spezialisierung in der Gruppenarbeit“ (u. a. Gerst 1998) scheint in der Betriebspraxis also überwiegend zugunsten der Spezialisierung entschieden zu werden.

Damit bestätigt sich ein bereits Ende der 1990er Jahre vorgelegter Befund, wonach die Aufbruchstimmung und Offenheit gegenüber neuen Organisationsmethoden lediglich zu einer Praxis geführt habe, der es an Breite, Tiefe und Integration mangle (Krieger/Fröhlich 1998).

[14] Gleichzeitig getestet wurden in der multivariaten Analyse die unabhängigen Variablen Vorhandensein von Gruppenarbeit (enge Definition), Produktionsverlagerung j/n, Umsatzanteil produktbegleitender Dienstleistungen, Betriebsgröße, Komplexität der hergestellten Produkte, Seriengröße der Produktion sowie die Branchen Gummi- und Kunststoffwaren, Maschinenbau, Elektroindustrie, Medizin-, Mess-, Steuer-, Regelungstechnik, Optik sowie Automobil- und Sonstiger Fahrzeugbau (Tabelle A7 im Anhang).

Für Europa insgesamt wurde bereits damals eine Lücke konstatiert zwischen der Rhetorik des Managements und der Managementberater einerseits und der tatsächlichen Praxis andererseits.

Für die Kompetenzentwicklung der in der Produktionsarbeit tätigen Beschäftigten scheint die Verwirklichung von Formen der Gruppenarbeit, wie sie in deutschen Betrieben mehrheitlich anzutreffen sind, auch fachlicherseits keine weitreichenden neuen Anforderungen zu stellen. Die vorhandenen Qualifikationen scheinen mehrheitlich auszureichen, um die neuen Strukturen zu realisieren. Dies könnte auch der Tatsache zuzurechnen sein, dass im Vergleich zu den bisherigen Formen der Arbeitsorganisation die existenten Qualifikationsprofile eher einen Qualifikationsüberhang bedeutet haben, der mit den neuen Strukturen besser als bisher ausgeschöpft wird.

Da Qualifizierung für die Einführung von Gruppenarbeit jedoch nicht nur fachliche Arbeitsinhalte betrifft, sondern auch dispositive und problemlösende Fähigkeiten, die Fähigkeit, sich in Gestaltungsprozesse einzubringen, sowie Fähigkeiten zur Kooperation mit anderen Berufsgruppen (u. a. Adenauer 1997; Eichener/Wegge 1993; Hurtz 1994), ist das hier dargestellte Analyseergebnis nicht so zu interpretieren, dass Kompetenz- und Personalentwicklung durch die Einführung von Gruppenarbeitsstrukturen in keiner Weise tangiert seien.

Insgesamt bedeutet dies, dass sich bei einer fortschreitenden Verbreitung von Formen der Gruppenarbeit kein Paradigmenwechsel für die Industriearbeit in der Art ergeben wird, dass „handwerkliche Produktion“ (Piore/Sable 1984) mit Facharbeit, professionellen Werten, Kundenorientierung und kleineren Produktionsmaßstäben eine Renaissance erleben wird. Diese beim Übergang von der handwerklichen Produktion auf die industrielle Massenproduktion abgelöste Form der Arbeit, wird in neuen Produktionskonzepten, neuen Formen der Arbeitsorganisation und hier insbesondere der Gruppenarbeit nicht in modifizierter Form wieder aufleben.

Das Anfang der 1980er Jahre prognostizierte Ende der Arbeitsteilung und die Wiederentdeckung des Wertes qualifizierter, zu autonomem Handeln fähiger Beschäftigter hat für die Industriearbeit weit weniger gravierende Folgen, als dies die Protagonisten neuer Produktionskonzepte (u. a. Kern/Schumann 1984) glaubten, vorhersagen zu können. Die sich bereits Ende der 1980er Jahre mehrenden Stimmen, die bei Versuchen, die neuen Produktionskonzepte auf den Prüfstand zu stellen, zu anderen Ergebnissen kamen (u. a. Malsch/Selz 1987), scheinen Recht zu behalten.

Qualifizierter Produktionsarbeit mit einer Reintegration von Kopf- und Handarbeit wurde in den 1980er Jahren dann eine Perspektive eingeräumt, wenn wirtschaftlich begründete, neue Formen der Arbeitsorganisation die Spielräume schaffen würden, dass sich derartige Qualifikationen verwertbar einbringen lassen (Asendorf/Nuber 1987). Die mittlerweile vorliegenden Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass die neuen arbeitsorganisatorischen Konzepte solche Spielräume viel begrenzter generieren, als dies erwarten werden konnte.

Für die Zukunft der Industriearbeit scheinen sich daher vor dem Hintergrund der heute verfügbaren Erkenntnisse zu den neuen Produktionskonzepten, den neuen Formen der Arbeitsorganisation und der Einführung der Gruppenarbeit keine radikalen Trendbrüche abzuzeichnen. Diese Konzepte geben weder Anlass zu euphorischen Erwartungen noch zu dramatischen Befürchtungen. Eine kontinuierliche Anpassung der Ausbildungsgänge in der beruflichen Erstausbildung, wie sie beispielsweise durch eine Neuordnung der Ausbildungsgänge zum Mechatroniker (Borch et al. 2001) im Jahre 1998 oder zum Industriemechaniker im Jahre 2004 (Bundesgesetzblatt 2004) stattgefunden haben, wie auch in der betrieblichen Weiterbildung sind geeignet, die eher kleinschrittigen und in ihrer Reichweite begrenzten Veränderungen aufzunehmen und umzusetzen.

Momentan wird Gruppenarbeit zusammen mit anderen in der Vergangenheit durchgeführten Reorganisationsmaßnahmen in vielen Unternehmen nicht mehr als isoliertes Projekt betrachtet, sondern im Zuge der Verwirklichung sogenannter „Ganzheitlicher Produktionssysteme“ (u. a. IfaA 2002), als ein Element dieser Systeme behandelt. Daher sind die Entwicklungsrichtung der Gruppenarbeit und damit die Frage der Beibehaltung oder der Arbeitsanreicherung der Produktionsarbeit durch Gruppenarbeit in der Tendenz für die Zukunft nicht unmittelbar abzusehen (Lay 2006). Die in vielen ganzheitlichen Produktionssystemen im Vordergrund stehende Standardisierung von einzelnen Bausteinen wie der Gruppenarbeit im Sinne einer „best practice“ würde darauf hinauslaufen, dass ein Nebeneinander von Gruppen, in denen spezialisierte Tätigkeitszuschnitte und homogene, breitqualifizierte Aufgabenprofile anzutreffen sind, in einem Betrieb wohl eher die Ausnahme darstellt. Da in der Diskussion um ganzheitliche Produktionssysteme jedoch nicht nur die unternehmensweite Standardisierung von Konzepten, sondern auch die konsistente und anwendungsfeldspezifische Verknüpfung von einzelnen Bausteinen gefordert wird (Lay/Neuhaus 2005), könnten auch differenzierende Gruppenarbeitskonzepte (Lacher 2000) unter dem Dach eines „ganzheitlichen Produktionssystems“ Platz finden.

V. Neue Technologien und Industriearbeit

In diesem Kapitel werden ausgewählte Technologien als „Treiber“ der Veränderung der Industriearbeit vertieft beleuchtet. Hierzu werden drei Schlüsseltechnologien, die in verschiedenen Zukunftsstudien als besonders relevant für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der Industrie eingeschätzt wurden (Cuhls et al. 1998; Fraunhofer ISI 2005; Schirrmeister et al. 2003), auf ihre potenziellen arbeitsrelevanten Wirkungen hin diskutiert:

– die Biotechnologie (Kap. V.1),

– die Nanotechnologie (Kap. V.2) sowie

– das Konzept der Ambient Intelligence (AmI) (Kap. V.3).

Zudem setzen andere Technologiekonzepte, denen ebenfalls großes Potenzial zur Steigerung der industriellen Wettbewerbsfähigkeit zugetraut wird, teilweise auf den hier ausgewählten Technologien auf – so zum Beispiel die „Digitale Fabrik“ oder die „Adaptive Produktion“ teilweise auf AmI-Technologie, intelligente Materialien teilweise auf Nanotechnologie, die „biobased economy“ in weiten Teilen auf der Biotechnologie. Die industrielle Nutzung aller drei ausgewählten Technologien befindet sich – gemessen an den erwarteten Potenzialen – noch in einem frühen Stadium, ist aber dennoch unterschiedlich weit fortgeschritten: Die Biotechnologie steht am Anfang einer breiteren Diffusion über Pilotanwendungen und -branchen hinaus; in der Nanotechnologie zeichnen sich die ersten industriellen Anwendungen und Produkte ab, und bei der AmI dominieren noch konzeptionelle Überlegungen zu ihrem möglichen künftigen Einsatz in der Industrie.

1. Biotechnologie und Industriearbeit

1.1 Was ist Biotechnologie?

Biotechnologie wird häufig als eine „Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts“ bezeichnet. Von den zahlreichen Definitionen sei die von der Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) erarbeitete – und international breitverwendete – Definition genannt: „Biotechnologie ist die Anwendung von Wissenschaft und Technik auf lebende Organismen oder deren Teile, Produkte oder Modelle, um lebende oder nichtlebende Materie zur Erweiterung des Wissensstandes, zur Herstellung von Gütern und zur Bereitstellung von Dienstleistungen zu verändern“ (OECD 2005c).

Dabei stellt die Gentechnik nur eine Teilmenge der Biotechnologie dar, die sich mit der Charakterisierung, Isolierung, Neukombination und Vervielfältigung des Erbmaterials, der DNA, befasst.

Die Biotechnologie ist ein interdisziplinäres, wissenschafts- und technikbasiertes Arbeitsfeld. Die Wissenschaftsdisziplinen und Technologien, die in der Biotechnologie genutzt werden, sind vielfältig. Sie umfassen Biologie, Chemie, Physik, Nanowissenschaften und -technologien, Medizin, Material- und Werkstoffwissenschaften sowie Informations- und Kommunikationswissenschaften und -technologien. Die Biotechnologie befasst sich mit lebenden Organismen wie dem Menschen, Pflanzen, Tieren, Mikroorganismen, Pilzen, Zellkulturen sowie Viren, aber auch mit ihren „Teilen“ und Produkten. Zu letzteren zählen beispielsweise menschliche, tierische oder pflanzliche Gewebe, das Erbgut der Organismen, Enzyme, Antikörper oder auch Stoffwechselprodukte wie Milchsäure, Biopolymere oder Biogas.

Der Einsatz der Biotechnologie zur Erweiterung des Wissensstandes beinhaltet z. B. die Aufklärung von Krankheitsursachen und -mechanismen durch biotechnische Methoden, und dieses Wissen kann für die Entwicklung von Medikamenten oder Präventionsmaßnahmen eingesetzt werden. Güter, die mithilfe der Biotechnologie hergestellt werden, sind u. a. Biopharmazeutika (Humaninsulin, Wachstumsfaktoren, Interferone), die mittels gentechnisch veränderter Organismen produziert werden, aber auch Bioethanol, das als Treibstoff genutzt werden kann, oder auch Joghurt oder Biogas. Dienstleistungen, die mithilfe der Biotechnologie erbracht werden, sind beispielsweise biotechnische Verfahren zur Krankheitsdiagnostik (AIDS, Hepatitis C), zur Qualitätskontrolle oder analytische Verfahren.

Tätigkeiten, die der Biotechnologie zugerechnet werden, sind exemplarisch und ohne Anspruch auf Vollständigkeit in Tabelle 18 aufgeführt.

1.2 Anwendungsfelder der Biotechnologie

In Bezug auf industrielle Anwendungen sind die Hauptanwendungsfelder der Biotechnologie die Gesundheit von Mensch und Tier, Landwirtschaft und Lebensmittel, industrielle Produktionsprozesse, Umweltschutz und Bioenergieproduktion. Zudem sind Dienstleistungen und Plattformtechnologien (z. B. Bioinformatik) von Bedeutung (OECD 2006b, S. 26; Reiss et al. 2006). Im Folgenden werden diese Anwendungsfelder kurz skizziert.

Tabelle 18

Methoden und Tätigkeiten in der Biotechnologie

DNA, RNA	Genomik; Pharmakogenomik; Gensonden; Gentechnik; Sequenzierung, Synthese und Vervielfältigung von DNA bzw. RNA; Ermittlung von Genexpressionsprofilen
Proteine und andere Moleküle	Sequenzierung, Synthese und gezielte Veränderung von Proteinen und Peptiden; Proteomik; Proteinisolierung und -reinigung; Identifizierung von Zellrezeptoren; Untersuchung von intrazellulären Signalen; verbesserte Methoden für das Drug delivery von hochmolekularen Wirkstoffen
Zell- und Gewebekultur, Tissue Engineering	Zell- und Gewebekultur; Tissue Engineering (einschließlich Gerüstsubstanzen und biomedizinischer Anwendungen); Zellfusion; Impfstoffe, Immunstimulantien; Umgang mit Embryonen
Biotechnische Prozesse	Fermentationen in Bioreaktoren; Bioverfahrenstechnik; Biotechnische Laugungsprozesse (Bioleaching); Holzaufschlussverfahren (Biopulping); Bleichverfahren (Biobleaching); Desulfurizierungsverfahren; Behandlung kontaminierter Umweltmedien (Wasser, Boden, Luft), auch mit Pflanzen (Phytoremediation); Biofilter
Gen-/RNA-Vektoren	Gentherapie, virale Vektoren
Bioinformatik	Aufbau von Genom- oder Proteinsequenz-Datenbanken; Modellierung komplexer biologischer Prozesse, einschl. Systembiologie
Nanobiotechnologie	Anwendung der Methoden und Prozesse der Nano- bzw. Mikrofabrikation, um Geräte herzustellen, mit denen biologische Systeme untersucht werden können und/oder Anwendungen im Drug delivery, der Diagnostik o. Ä. möglich sind

Quelle: nach OECD 2005c, S. 9

1.2.1 Medizinische und pharmazeutische Anwendungen für die Gesundheit von Mensch und Tier

Medizinische und pharmazeutische Anwendungen der Biotechnologie für die Gesundheit von Mensch und Tier werden häufig unter dem Schlagwort „Rote Biotechnologie“ zusammengefasst. Sie stellen den in Bezug auf die kommerzielle Umsetzung derzeit am weitesten entwickelten und ökonomisch bedeutsamsten Anwendungsbereich der Biotechnologie dar.

In den letzten Jahrzehnten hat sich die Biotechnologie zu einem integralen Bestandteil der medizinischen Forschung („Molekulare Medizin“) und der pharmazeutischen Forschung und Entwicklung entwickelt (OECD 2006a). Sie stellt Wissen und Werkzeuge bereit zur Aufklärung von Krankheitsursachen und Krankheitsmechanismen bei Mensch und Tier, zur Identifizierung und Validierung von Zielstrukturen für pharmazeutische Wirkstoffe („targets“), zur Aufklärung der Wirkungsweise von Medikamenten und zur Diagnose von Krankheiten auf der Basis molekularer Diagnostik. Hierzu tragen wesentlich die Kenntnis der Sequenzen des Erbguts des Menschen, wichtiger Nutztiere sowie wichtiger Krankheitserreger, die verschiedenen Ansätze zur Funktionsaufklärung der Gene (Genomik, Proteomik etc.) sowie die Systembiologie bei.

Die Produktion menschlicher Proteine und anderer pharmazeutisch wirksamer Naturstoffe mithilfe gentechnisch veränderter Organismen ermöglicht die industrielle Produktion neuartiger Wirkstoffklassen (z. B. Insulin, Interferone, Antikörper, Hormone, Antibiotika), die sonst nicht bzw. nicht in der erforderlichen Menge und Qualität produzierbar wären. Die biotechnische Herstellung von Biopharmazeutika weist große Überschneidungen zum Einsatz der Biotechnologie in industriellen Produktionsprozessen (Kap. V.1.3) auf.

Schließlich eröffnet die Biotechnologie auch neuartige Therapieprinzipien, wie zum Beispiel die Gentherapie, Zelltherapien, das Tissue Engineering oder die Regenerative Medizin, sowie neuartige Möglichkeiten des Drug delivery.

1.2.2 Anwendungen im Agro-Food-Sektor

Anwendungen der Biotechnologie in der Land- und Forstwirtschaft, im Gartenbau, in der Tierproduktion einschließlich der Fischwirtschaft sowie in der Lebensmittel- und Getränkeherstellung werden häufig unter dem Begriff „Grüne Biotechnologie“ zusammengefasst (Herdt 2006; Menrad et al. 2003b; Reichardt 2006). Der Einsatz biotechnischer Verfahren in der Lebensmittel- und Getränkeherstellung weist große Überschneidungen zum

Einsatz der Biotechnologie in industriellen Produktionsprozessen auf (Kap. V.1.3).

In diesen Anwendungsbereichen kommen zum einen biotechnische Verfahren der molekularen Diagnostik zum Einsatz (z. B. „genetischer Fingerabdruck“), die der Diagnostik von Krankheitserregern bei Nutztieren und -pflanzen dienen und auch bei Abstammungsuntersuchungen (z. B. zur Ermittlung von Stammbäumen in der Tierzucht), zur eindeutigen Identifizierung von Nutztieren und -pflanzen, zur Überprüfung der Zusammensetzung von Lebens- und Futtermitteln, zur Nachverfolgung bzw. Rückverfolgung von Inhaltsstoffen oder gentechnisch veränderten Organismen über verschiedene Stufen der Wertschöpfungskette und auch zur Gewährleistung der Sicherheit und Qualität von Lebens- und Futtermitteln eingesetzt werden.

Verfahren der molekularen Diagnostik sind auch integraler Bestandteil von Züchtungsprogrammen für Nutzpflanzen und -tiere, wo sie mittlerweile für die markergestützte Selektion und Züchtung unverzichtbar sind.

Die jeweiligen Züchtungsziele werden auch durch gentechnische Veränderung der Nutztiere und -pflanzen angestrebt. Dabei stehen folgende Ziele sowohl für markergestützte Züchtung als auch für gentechnisch veränderte Organismen im Vordergrund:

– Steigerung von Ertrag und Leistung;

– Erhöhung der Widerstandsfähigkeit, Einbringen von Resistenzen gegen Krankheitserreger, gegen abiotischen Stress (bei Pflanzen z. B. gegen Trockenheit, Bodenversalzung, hohe Temperaturen);

– Verbesserung der Qualität des pflanzlichen oder tierischen Produkts (insbesondere ernährungsphysiologischer Wert, erhöhter Gehalt an wertgebenden Inhaltsstoffen, aber auch bessere Verarbeitbarkeit) (TAB 2005);

– Beeinflussung der Fortpflanzungsfähigkeit und Fortpflanzung (z. B. männliche Sterilität für die Hybridzüchtung; männlich-sterile Insekten zur Kontrolle der Vermehrung von Schadinsekten, Erhöhung der Fortpflanzungsrate bei züchterisch besonders wertvollen Nutztieren; Selektion des gewünschten Geschlechts bei Nutztieren);

– Produktion von Biopharmazeutika in gentechnisch veränderten Nutztieren und -pflanzen (Molecular Farming) (TAB 2005).

Bei Nutztieren ist auch das Klonen als derzeit in der Forschung zum Einsatz kommende Technik zu nennen (TAB 2000a). Schließlich werden biotechnische Produktionsverfahren und Produkte als Produktionsfaktoren in der Tier- und Pflanzenproduktion eingesetzt. Hierzu zählen beispielsweise bio- bzw. gentechnisch hergestellte Veterinärpharmazeutika, Impfstoffe, Leistungsförderer (z. B. Probiotika) und Hormone zur Beeinflussung der Fruchtbarkeit in der Tierproduktion, Pestizide in der Pflanzenproduktion sowie Enzyme, Probiotika, Vitamine, Aminosäuren und Farbstoffe als Futtermittelzusätze. Die Silageherstellung sowie die Behandlung fester und flüssiger Abfälle mit dem Ziel der Kompostierung oder Biogasgewinnung sind ebenfalls biotechnische Verfahren.

1.2.3 Industrielle Anwendungen der Biotechnologie

Industrielle Anwendungen der Biotechnologie spielen vor allem in der Chemischen und der Lebensmittel- und Getränkeindustrie eine Rolle sowie bei der Textilveredelung, der Lederherstellung und der Zellstoff- und Papierproduktion (Dechema 2004; Hüsing et al. 1998 u. 2003; OECD 1998 u. 2001). Sie werden häufig unter dem Stichwort „Weiße Biotechnologie“ zusammengefasst. Dabei werden vor allem die Fähigkeiten von Mikroorganismen (Starterkulturen) und Enzymen zur Stoffumwandlung in fermentativen oder enzymatischen Verfahren genutzt, um eine Vielzahl unterschiedlicher industrieller Produkte herzustellen.

Die biotechnischen Verfahren können konventionelle mechanische, chemische und physikalische Verfahrensschritte ersetzen oder ergänzen. Dies bietet das Potenzial, Produkte herzustellen, die

– einzigartig sind und auf anderem Wege nicht bzw. nicht wirtschaftlich herstellbar wären (z. B. Joghurt, Käse, chirale[15] organische Chemikalien)

– Biomasse anstelle von fossilen Rohstoffen als Ausgangsmaterial nutzen (z. B. Biopolymere, Bioenergieträger),

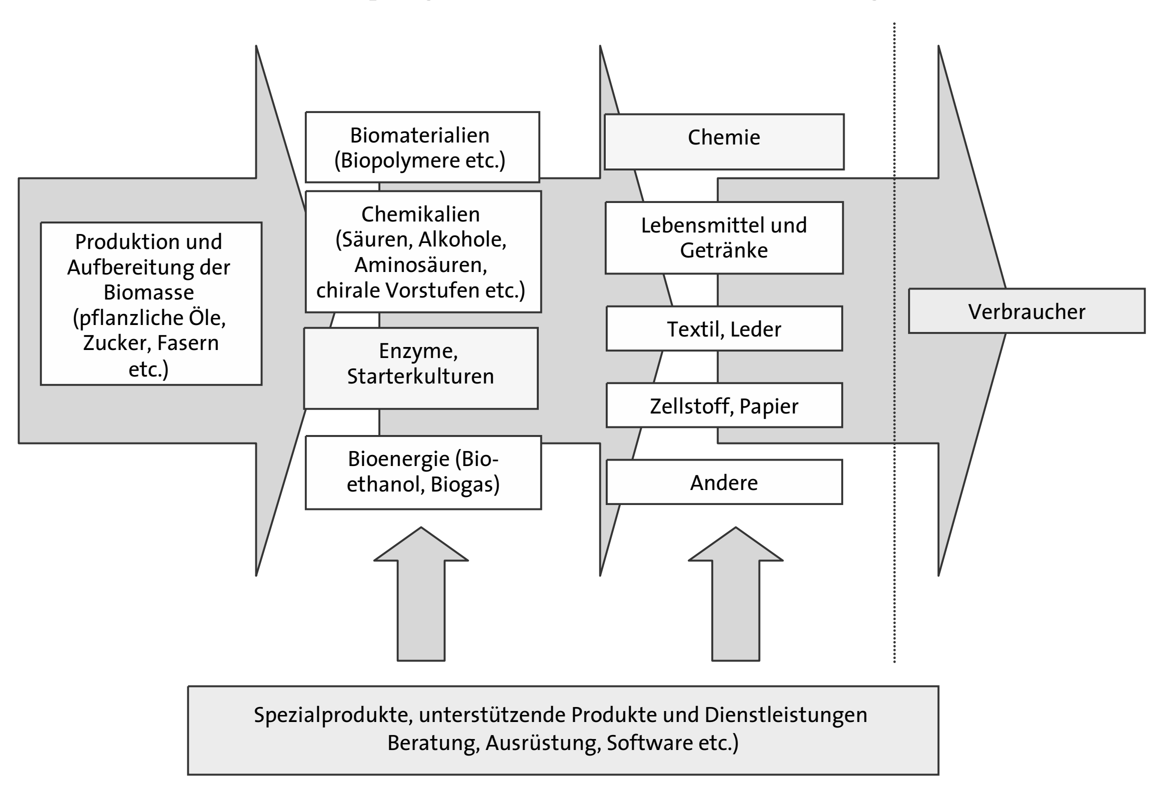
– mit konventionell hergestellten Produkten identisch sind, ihr Herstellungsprozess durch biotechnische Verfahrensschritte aber wirtschaftlicher und/oder ressourcenschonender verläuft (z. B. Bleichmittelentfernung in Textilveredelungsprozessen mittels Enzymen statt durch Wasserspülung) oder in relevanten Qualitätsparametern den konventionell hergestellten Produkten überlegen sind (z. B. Reinheit),

– konventionell hergestellte Produkte funktionell ersetzen (z. B. Biopolymere statt Kunststoffe auf fossiler Rohstoffbasis, Bioenergieträger statt fossiler Energieträger) und dabei gegebenenfalls auch Qualitätsvorteile aufweisen.

[15] In der Chemie bezeichnet man Moleküle als chiral, deren Atome räumlich so angeordnet sind, dass sich Bild und Spiegelbild (die sogenannten Enantiomere) nicht zur Deckung bringen lassen (ähnlich wie sich die rechte zur linken Hand verhält). Enantiomere zeichnen sich durch unterschiedliche physikalische und biologische Eigenschaften aus. Die chemische Synthese enantiomerenreiner Stoffe ist schwierig. Deshalb ergeben sich hier besondere Einsatzmöglichkeiten für die Biokatalyse, da viele Biokatalysatoren enantioselektiv wirken und sich mit ihnen bevorzugt ein Enantiomer herstellen bzw. umsetzen lässt.

Abbildung 35

Wertschöpfungskette in der industriellen Biotechnologie



Quelle: Enzing/Kern 2004, verändert und ergänzt

1.2.4 Umweltbiotechnologie

Zusätzlich zu den Beiträgen, die biotechnische Verfahren im Rahmen industrieller Produktionsprozesse zu einem produktionsintegrierten Umweltschutz leisten können (Kap. V.1.3), spielen biotechnische Verfahren auch im nachsorgenden Umweltschutz eine bedeutende Rolle (auch „Graue Biotechnologie“ genannt). In der Breite etabliert sind biotechnische Verfahren der Wasser- und Abwasserbehandlung und der Behandlung von festen Abfällen und Reststoffen, zum Beispiel durch Kompostierung oder mit dem Ziel der Biogasgewinnung. Darüber hinaus kommen Biofilter und Biowäscher in der Abluftbehandlung zur Entfernung von Geruchsstoffen und toxischen Substanzen zum Einsatz. Kontaminierte Böden und Standorte können mithilfe biotechnischer Verfahren behandelt und saniert werden. Biotechnische Verfahren spielen auch in der Umweltanalytik und -überwachung eine Rolle.

1.3 Betroffene industrielle Sektoren und Biotechnologie„branche“

Die Übersicht der Anwendungen der Biotechnologie (Kap. V.1.2) zeigt, dass die Biotechnologie für folgende industrielle Sektoren von Relevanz ist:

– Pharmazeutische Industrie,
– Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Gartenbau und Fischwirtschaft,
– Lebensmittel- und Getränkeherstellung,
– Chemische Industrie,
– Textilindustrie, insbesondere Textilveredelung,
– Zellstoff- und Papierherstellung,
– Lederherstellung,
– Energieversorgung,
– Anlagenbau, Ausrüster für die Biotechnologie.

Im Dienstleistungssektor spielt Biotechnologie vor allem in folgenden Bereichen eine Rolle:

– Forschung,
– Entsorgung und Umweltschutz,
– Erbringung von Gesundheitsdienstleistungen,
– Kontrolle und Überwachung (z. B. Arbeitsschutz, Gesundheit und Lebensmittel, Umwelt).

Darüber hinaus sind für industrielle Aktivitäten in der Biotechnologie unterstützende Dienstleistungen essenziell,

so zum Beispiel Kapitalgeber, Versicherungen, juristische Dienstleistungen und der Betrieb von biotechnologiespezifischen Infrastruktureinrichtungen (wie Biobanken, Organismen- bzw. Stammsammlungen, Datenbanken). Somit lässt sich die Biotechnologie“branche“ als eine stark diversifizierte Industrie mit einer großen Vielfalt an Technologien, Produkten und Dienstleistungen in den unterschiedlichsten wirtschaftlichen Bereichen kennzeichnen.

Zwar gibt es zahlreiche Erhebungen, die zum Ziel haben, die wirtschaftliche Tätigkeit in der Biotechnologie national, international und im zeitlichen Verlauf zu charakterisieren. Exemplarisch seien genannt biotechnologie.de 2006 u. 2007; Critical I 2005 u. 2006; Grupp et al. 1992; Hetmeier et al. 1995; OECD 2006b; Schüler 2006; Schüler et al. 2004 u. 2005; Statistisches Bundesamt 2002b, 2003 u. 2005. Wegen des ausgesprochenen Querschnittscharakters der Biotechnologie und der Verwendung unterschiedlicher Definitionen und Abgrenzungen in diesen Untersuchungen sind die einzelnen Quellen jedoch kaum vergleichbar. Selbst aus ihrer Zusammenschau lassen sich kaum Aussagen über zeitliche Entwicklungen machen. Wegen der jüngst erfolgten Vereinheitlichung der Definition der Biotechnologie auf internationaler Ebene ist für die nähere Zukunft jedoch zu erwarten, dass nach einheitlicher Methodik erhobene, international vergleichbare Daten zur Verfügung stehen werden, die auch Aussagen über zeitliche Entwicklungsverläufe zulassen werden (OECD 2005c u. 2006b). Im Folgenden werden Ergebnisse der aktuellsten Vollerhebung zur Biotechnologie„branche“ in Deutschland vorgestellt, die methodisch kompatibel mit der OECD-Statistik ist, mittelfristig internationale Vergleiche ermöglichen wird und im Zeitraum Januar bis März 2007 durchgeführt wurde (biotechnologie.de 2007).

Ein für die wirtschaftliche Tätigkeit in der Biotechnologie häufig verwendeter Indikator ist die Zahl der Unternehmen. Dabei werden in der Regel und insbesondere in der auf internationale Vergleichbarkeit angelegten Statistik der OECD zwei Unternehmenskategorien unterschieden:

1. Dedizierte Biotechnologieunternehmen: Hierunter wird ein biotechnologisch aktives Unternehmen verstanden, dessen wesentliche Unternehmensziele die Anwendung biotechnologischer Verfahren zur Herstellung von Produkten oder der Bereitstellung von Dienstleistungen oder der Durchführung biotechnologischer Forschung und Entwicklung sind.
2. Innovativ biotechnologisch-aktive Unternehmen: Hierunter wird ein biotechnologisch aktives Unternehmen verstanden, das biotechnologische Verfahren zum Zwecke der Eingliederung neuartiger oder wesentlich verbesserter (d. h. innovativer) Produkte oder Herstellungsprozesse anwendet. Dabei muss das wesentliche Unternehmensziel nicht ausschließlich in der Anwendung biotechnologischer Verfahren zur Herstellung von Produkten oder der Bereitstellung von Dienstleistungen oder der Durchführung biotechnologischer Forschung und Entwicklung bestehen (z. B. Pharma- und Chemieunternehmen, Saatguthersteller u. Ä.).

2006 waren in Deutschland insgesamt 551 Unternehmen mit insgesamt rund 29 000 Beschäftigten in der Biotechnologie tätig. Dabei handelte es sich um 495 dedizierte Biotechnologieunternehmen (ca. 14 150 Beschäftigte) und 56 innovativ biotechnologisch-aktive Unternehmen (ca. 14 800 Beschäftigte) (Tabelle 19). Es dominieren junge, kleine und mittlere Unternehmen: 43 Prozent der Unternehmen haben bis zu 9 Beschäftigte, weitere 42 Prozent 10 bis 49 Beschäftigte. Nur 1,5 Prozent der Unternehmen beschäftigen mehr als 249 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das durchschnittliche Alter der dedizierten Biotechnologieunternehmen betrug zum Ende des Jahres 2006 7,5 Jahre. Insgesamt generierten die 495 dedizierten Biotechnologieunternehmen im Jahr 2006 einen Umsatz von rund 1,8 Mrd. Euro bei einem Forschungs- und Entwicklungsbudget von rund 970 Mio. Euro (biotechnologie.de 2007). Dies weist zum einen auf das frühe kommerzielle Entwicklungsstadium der Branche, zum anderen aber auch auf ihre starke Wissenschaftsbindung und hohe Forschungsintensität hin.

Die ganz überwiegende Zahl der dedizierten Biotechnologieunternehmen ist im Anwendungsbereich Gesundheit von Mensch und Tier aktiv, gefolgt von Technologieprovidern, die vom Anwendungsbereich unabhängig einsetzbare Methoden anbieten (s. a. Tabelle 18), von Unternehmen mit Aktivitäten in der industriellen Biotechnologie und schließlich von Unternehmen im Bereich Landwirtschaft (Kap. V.1.2) (Tabelle 20).

Tabelle 19

Anzahl der Unternehmen und Beschäftigten in der Biotechnologie in Deutschland 2006

	Zahl der Unternehmen	Beschäftigte
dedizierte Biotechnologieunternehmen	495	14 150
innovativ biotechnologisch-aktive Unternehmen	56	14 800
gesamt	551	28 950

Quelle: biotechnologie.de 2007

Tabelle 20

Aufschlüsselung dedizierter Biotechnologieunternehmen in Deutschland 2006 nach Anwendungsbereichen

Anwendungsbereich	Anteil der Unternehmen (%)
menschliche Gesundheit/Medizin	*43,2*
Tiergesundheit	*1,6*
Anwendungsbereich-unspezifische Forschungsmethoden	*39,4*
industrielle Biotechnologie	*7,3*
Landwirtschaft	*5,7*
Sonstiges	*5*

n = 495; nur eine Angabe pro Unternehmen zum Schwerpunkt der Unternehmenstätigkeit
Quelle: biotechnologie.de 2007

1.4 Generelle Charakteristika der Biotechnologie mit Auswirkungen auf die Arbeit

Die Biotechnologie weist generelle Charakteristika auf, die direkte und indirekte Auswirkungen auf die industrielle Arbeit haben. Hierzu gehören das in Bezug auf die industrielle Nutzung und kommerzielle Anwendung im Vergleich zu anderen Technologien noch frühe Entwicklungsstadium, die starke Wissenschaftsbindung, die ausgesprochene Interdisziplinarität, die Generierung des relevanten Know-hows in internationalen Multiakteurssystemen, die hohe Dynamik der Entwicklung der Wissensbestände und Technologien und damit einhergehend eine rasche Veralterung bestehenden Wissens und vorhandener Technologien sowie der Umstand, dass mit den angestrebten biotechnischen Produkten und Dienstleistungen teilweise neue Märkte adressiert werden, die in dieser Form noch nicht bestehen. Die Erschließung dieser Märkte erfordert zum einen eine Integration der Akteure entlang der teilweise langen Wertschöpfungsketten, in denen die Biotechnologie meist in einem der vorderen Glieder angesiedelt ist. Zum anderen sind wichtige Rahmenbedingungen, zum Beispiel rechtliche Rahmenbedingungen der Forschung, Produktion, des Marktzutritts und – im Falle des Gesundheitswesens – der Kostenübernahme, häufig ebenfalls noch nicht oder international uneinheitlich geregelt. Hierbei spielt auch die Akzeptanz und Akzeptabilität bestimmter Entwicklungslinien eine Rolle.

Die Auswirkungen dieser Charakteristika auf die Tätigkeiten, die Organisation der Arbeit und die Qualifikationsanforderungen werden in den folgenden Kapiteln dargestellt.

1.5 Neue und veränderte Tätigkeitsmerkmale

1.5.1 Methoden und Tätigkeiten in Anwendungsfeldern der Biotechnologie

Tätigkeiten, die der Biotechnologie zugerechnet werden, sind exemplarisch und ohne Anspruch auf Vollständigkeit in Tabelle 18 aufgeführt. Zudem ist in Tabelle 21 ausgewiesen, in welchen Anwendungsfeldern diese Methoden und Tätigkeiten in Forschung, Entwicklung und Produktion hauptsächlich zum Einsatz kommen.

Tabelle 21 zeigt, dass in allen Anwendungsfeldern der Biotechnologie vielfältige Techniken und Methoden zum Einsatz kommen und für ein erfolgreiches Agieren in diesen Feldern beherrscht werden müssen. Dabei zeichnen sich die einzelnen Anwendungsfelder durch ein spezifisches Set an Techniken und Methoden aus. Einzelne Techniken können aber auch – gegebenenfalls nach Anpassung – durchaus in verschiedenen Anwendungsfeldern eingesetzt werden.

Die Anfang 2007 durchgeführte Vollerhebung zur Biotechnologie“branche“ in Deutschland (Kap. V.1.3; biotechnologie.de 2007) ergab, dass Methoden der Proteomik und Genomik von der Mehrzahl der dedizierten Biotechnologieunternehmen angewendet werden, gefolgt von Zell- und Gewebekultur- und Bioverfahrenstechnik (Tabelle 22).

Charakteristisch für die Biotechnologie ist, dass die genannten Techniken in ihrer Gesamtheit zwar für ein erfolgreiches Agieren in einem bestimmten Anwendungsbereich erforderlich sind. Dies bedeutet jedoch nicht notwendigerweise, dass entsprechende Kompetenzen kontinuierlich und in ihrer gesamten Breite in einem Unternehmen vorgehalten werden müssen – oder gar könnten. Vielmehr werden bestimmte Kompetenzen und Methoden häufig nur in einem bestimmten Entwicklungsstadium eines Produkts oder einer Dienstleistung benötigt. So werden beispielsweise genom- und proteombasierte Verfahren zur Targetidentifizierung und -validierung vorrangig in einer frühen Phase der Entwicklung neuer pharmazeutischer Wirkstoffe benötigt, sind jedoch in den nachfolgenden Phasen der klinischen Prüfung des Wirkstoffs von untergeordneter Bedeutung (Betz et al. 2005; Ricke et al. 2006). Umgekehrt werden nach Abschluss der präklinischen Tests eines neuen Pharmawirkstoffs Methoden und Kompetenzen erforderlich, mit denen dieser Wirkstoff in ausreichenden Mengen für die klinischen

Tabelle 21

Übersicht über Methoden und Tätigkeiten in verschiedenen Anwendungsfeldern der Biotechnologie

Anwendungsbereiche	**Gesundheit**			**Land wirt- schaft**	**Industrie**		**Um- welt**
Methoden und Verfahren	**Therapeutika**	**Impfstoffe**	**Diagnostika**	**Tierproduktion**	**Pflanzen- produktion**	**Produktions- prozesse, Chemikalien, Bioenergie**	**Umweltbio- technologie**
Nukleinsäure(DNA/RNA)-Techniken							
Hochdurchsatzsequenzierung von Genomen, Genen, DNA	x	x	x	x	x	x	
DNA-Synthese und -Vervielfältigung	x	x	x	x	x	x	
Gentechnik, gentechnisch veränderte Organismen	x	x		x	x	x	
Antisensetechnologie	x				x		
Proteintechniken							
Hochdurchsatzverfahren zur Identifizierung, Quantifizierung und Sequenzierung von Proteinen	x	x	x	x	x	x	
Protein- und Peptidsynthese	x	x	x			x	
Protein Engineering and Biokatalyse	x	x		x	x	x	
Stoffwechselprodukt-Technologien							
Hochdurchsatzverfahren zur Identifizierung u. Quantifizierung von Stoffwechselprodukten	x		x	x	x	x	
gezielte Veränderung von Stoffwechselwegen (Metabolic pathway engineering)	x	x		x	x	x	x
Zelltechniken, Techniken mit subzellulären Komponenten							
Zellhybridisierung, Zellfusion	x		x		x		
Zell- und Gewebekultur, Tissue engineering	x	x		x	x		
Embryotechnologien	x		x	x			
Stammzelltechnologien	x						
Genübertragung	x	x		x	x	x	
Fermentation und Produktaufarbeitung	x	x		x	x	x	x
unterstützende Werkzeuge							
Bioinformatik	x	x	x	x	x	x	x

Quelle: eigene Zusammenstellung von Informationen aus OECD 2005c, S. 9 sowie Reiss et al. 2006, S. 18 f.

Tabelle 22

In dedizierten Biotechnologieunternehmen im Jahr 2006 verwendete Methoden der Biotechnologie

Methoden	Anteil Unternehmen, die diese Methoden verwenden (%)
Proteintechniken	*59,6*
Nukleinsäure(DNA/RNA)-Techniken	*50,5*
Zell- und Gewebekulturtechniken	*39,1*
Bioverfahrenstechnik, Fermentation und Produktaufarbeitung	*23,2*
Systembiologie, Bioinformatik	*21,7*
Nanobiotechnologie	*12,9*
Techniken mit subzellulären Komponenten	*10,3*
Sonstige	*22,2*

n = 495; Mehrfachnennungen möglich
Quelle: biotechnologie.de 2007

Prüfungen und die nach erfolgter Zulassung beginnende Vermarktung nach den verbindlichen Regeln guter Herstellungspraxis erzeugt werden kann. Zudem unterliegen die jeweils relevanten Methoden und Verfahren einer hohen Dynamik in Bezug auf ihre Weiterentwicklung, Verfeinerung und auch auf konkurrierende Techniken.

Vor diesem Hintergrund ist es eine besondere Herausforderung für das Technologiemanagement in Unternehmen, in Abhängigkeit von den jeweiligen Unternehmenszielen und Geschäftsmodellen zu entscheiden, welche Methoden und Techniken zu welchem Zeitpunkt in welchem Umfang für das Unternehmen überhaupt erforderlich sind, inwieweit sie selbst beherrscht werden müssen oder können oder ob sie durch Kooperationen und Vertragsforschung und -produktion verfügbar gemacht werden sollen („make or buy“). So beschäftigen Unternehmen zum Beispiel „Technologiescouts“, die weltweit systematisch die Forschungs- und Unternehmenslandschaft nach neuen Techniken, Methoden und konzeptionellen Ansätzen scannen, um sie gegebenenfalls für das eigene Unternehmen zu erschließen. Ein Teil der dedizierten Biotechnologieunternehmen hat sich auf bestimmte Methoden und Techniken mit Relevanz für eine bestimmte Stufe der Produktentwicklung spezialisiert (z. B. Anbieter von sogenannten „Technologieplattformen“) und bieten diese als Dienstleistung auf Auftrags- oder Kooperationsbasis für andere Unternehmen an. Unternehmen, die bereits marktfähige Produkte wie Pharmazeutika entwickelt haben, lassen diese häufig in Unternehmen herstellen, die auf Auftragsproduktionen spezialisiert sind („contract manufacturing organisations“, CMO), bis die ökonomischen und technischen Rahmendaten für Investitionen in eigene Produktionsanlagen mit höherer Sicherheit bestimmt werden können.

Auf diese Kooperationen zwischen Unternehmen wird auch in Kapitel V.1.6 eingegangen. Interdisziplinarität, Methodenvielfalt und die dynamische Entwicklung der Wissensbasis und der Handhabungskompetenzen in der Biotechnologie haben Implikationen für die Aneignungsprozesse in verschiedenen Unternehmenstypen sowie für die daraus resultierenden Formen der Organisation der Arbeit und für die erforderlichen Qualifikationen der Beschäftigten. Auf diese Aspekte wird in den Kapiteln V.1.6 und V.1.7 eingegangen.

1.5.2 Tätigkeiten in verschiedenen Unternehmensbereichen

Im Folgenden wird der Einfluss der Biotechnologie auf Tätigkeiten in den Unternehmensbereichen Forschung und Entwicklung, Produktion, Qualitätssicherung, Dokumentation und Wissensmanagement sowie Marketing, Vertrieb und Kundendienst skizziert.

Forschung und Entwicklung

Derzeit ist die Biotechnologie insbesondere in den mit Forschung und Entwicklung befassten Unternehmensbereichen von Relevanz. Dies ist bedingt durch ihre starke Wissenschaftsbindung, die hohe Dynamik der Entwicklung der Wissensbasis und der Technologien und durch das in Bezug auf die Kommerzialisierung frühe Entwicklungsstadium. Die große Bedeutung von Forschung und Entwicklung spiegelt sich zum einen in den Tätigkeitsbereichen der Biotechnologieunternehmen wider (Tabelle 23). Sie sind in hohem Maße auf Forschung und Entwicklung – die teilweise als Dienstleistung im Kundenauftrag erbracht wird – ausgerichtet.

Tabelle 23

Tätigkeitsbereiche von Biotechnologieunternehmen in Deutschland 2006

Tätigkeitsbereich	Anteil der Nennungen (%)
Forschung	*85,1*
Dienstleistungen	*63,8*
Produkt- und Prozessentwicklung	*62,7*
Produktion	*45,0*

n = 495; Mehrfachnennungen möglich
Quelle: biotechnologie.de 2007

Zum anderen ist der Anteil der FuE-Aufwendungen am Umsatz sehr hoch: Der Umsatz der 495 dedizierten Biotechnologieunternehmen in Deutschland belief sich im Jahr 2006 auf rund 1,8 Mrd. Euro. Dem steht ein Forschungs- und Entwicklungsbudget von rund 970 Mio. Euro gegenüber (biotechnologie.de 2007). Der ausgesprochen hohe Anteil der FuE-Aufwendungen am Umsatz ist zum einen auf die zurzeit meist noch geringen Umsätze der dedizierten Biotechnologieunternehmen zurückzuführen, weist die Biotechnologie aber auch als eine sehr forschungsintensive Branche aus. Branchen mit einem FuE-Anteil am Umsatz von mehr als 3,5 Prozent gelten als forschungsintensiv (Legler et al. 2005).

Tätigkeiten in der biotechnischen Forschung und Entwicklung in Unternehmen werden zumeist von Personen mit akademischer Ausbildung, häufig mit Promotion, sowie von Personen mit fachschulischer Ausbildung (z. B. technische Assistenz der Fachrichtungen Biologie, Chemie, Pharmazie und Medizin) ausgeübt (Kap. V.1.7).

Diese Tätigkeiten sind meist dadurch gekennzeichnet, dass sie in Form von Projekt- und Teamarbeit in interdisziplinär zusammengesetzten, oft zeitlich befristeten bzw. wechselnden Gruppen durchgeführt werden. Der Anteil an Routinetätigkeiten ist in der Regel gering, und es bestehen Freiheiten in der Konzeption und damit auch Durchführung der Arbeiten. Es werden jedoch sehr hohe Anforderungen an die Genauigkeit und Sorgfalt der Durchführung gestellt. Zudem ist eine hohe Flexibilität in Bezug auf die anzuwendenden Methoden, den Arbeitsanfall und die Arbeitszeit erforderlich, die vom Ziel, Stand und Verlauf der jeweiligen Projekte abhängen. Die Flexibilität bezüglich Arbeitsanfall und -zeit ist in der Biotechnologie im Vergleich zu anderen Technologien in besonderem Maße gefordert, da mit lebenden Organismen umgegangen wird, deren Lebensprozesse (z. B. Wachstumsgeschwindigkeiten) nicht immer so steuer- und planbar sind, dass sie mit Regelarbeitszeiten uneingeschränkt vereinbar sind.

Wegen der sehr dynamischen Generierung des für FuE-Arbeiten erforderlichen Know-hows in internationalen Netzwerken sowie ihres gezielten Einsatzes für die Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen im Unternehmen sind Tätigkeiten in Forschung und Entwicklung in der Regel auch durch einen hohen Anteil an Kooperationen gekennzeichnet. Diese Kooperationen bestehen mit anderen Organisationseinheiten desselben Unternehmens, mit Mitgliedern nationaler und internationaler Netzwerke sowie mit Kooperationspartnern des Unternehmens (Kap. V.1.6).

Produktion und Qualitätssicherung

Mit zunehmender Anwendungsreife der Biotechnologie erlangen immer mehr biotechnische Produkte und Verfahren Produktionsreife. Zu den auf den Markt befindlichen Produktgruppen, die bereits ganz überwiegend mit biotechnischen Verfahren hergestellt werden, zählen Biopharmazeutika, industrielle Enzyme, bestimmte Chemikalien (z. B. Aminosäuren, Glutaminsäure, Lysin; Ethanol) sowie breitetablierte biotechnische Verfahren der Lebensmittel- und Getränkeherstellung (Gaisser et al. 2002; OECD 1998). Es ist davon auszugehen, dass sich die Palette der Produkte in diesen Bereichen in der kommenden Dekade noch deutlich erweitern wird. Bereiche, in denen in der kommenden Dekade mit einer zunehmenden Anwendung biotechnischer Verfahren bzw. Verfahrensschritte in der Produktion, ausgehend von einem derzeit niedrigen Niveau, zu rechnen ist, sind Chemie (zunächst Fein- und Spezialchemikalien, Chiralika[15], gefolgt von Bulkchemikalien) (Bachmann et al. 2004; Kircher 2006; Patel et al. 2006), gefolgt von Textilveredelung sowie Zellstoff- und Papierherstellung.

Während biotechnische Produktionsverfahren viele Prozessschritte umfassen, die üblichen Verfahren der Prozessindustrie sehr ähnlich sind, so erfordern sie doch auch spezifische Handhabungskompetenzen. Hierzu gehören zum Beispiel das sterile Arbeiten, um Kontaminationen der Produktionsprozesse zu vermeiden und die Produktqualität zu gewährleisten sowie die Kenntnis der spezifischen Eigenschaften der biotechnischen Komponenten (z. B. Mikroorganismen, Enzyme) und deren Berücksichtigung bei der Handhabung. So sind manche Enzyme oder Produktionsorganismen ausgesprochen empfindlich

gegenüber bestimmten Einflüssen (wie Temperatur, pH-Wert, Luftzufuhr) und verlieren ihre Aktivität und Lebensfähigkeit, wenn sie falsch behandelt werden. Umgekehrt bestehen in verschiedenen Anwenderindustrien, wie zum Beispiel der Textil-, Zellstoff- und Papierindustrie, die traditionell keine Kompetenzen in der Biotechnologie haben, durchaus Vorbehalte, biotechnische Verfahren bzw. Prozessschritte in ihre Produktionsabläufe zu integrieren (Hüsing et al. 1998 u. 2000). Hieraus ergibt sich zum einen die Herausforderung, das Personal in den jeweiligen Betrieben entsprechend zu informieren und zu qualifizieren. Zum anderen werden aber auch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten mit dem Ziel betrieben, die biotechnischen Komponenten so aufzubereiten, dass selbst nichtspezifisch geschultes Personal diese anwenden kann.

Eng mit der Produktion verbunden ist der Aufbau eines Qualitätssicherungs- und Managementsystems, das insbesondere bei der Herstellung von Biopharmazeutika, aber auch von Lebensmitteln Voraussetzung für den Marktzutritt ist. Hervorzuheben ist, dass die Qualitätsanforderungen, die vonseiten der Zulassungs- und Überwachungsbehörden an die Herstellungsverfahren bzw. die Produkte gestellt werden, häufig erst in einem mehrjährigen Prozess erarbeitet werden. Dies ist beispielsweise für neuartige Produktionsplattformen für Biopharmazeutika, insbesondere gentechnisch veränderte Tiere oder gentechnisch veränderte Pflanzen („Bio-Pharming“) oder auch für neuartige Produktkonzepte, so zum Beispiel für mithilfe der Gentechnik veränderte Lebensmittel oder für Tissue-Engineering-Produkte der Fall (Bock et al. 2005; TAB 2005). Daher sind die Unternehmen gefordert, in einen engen Abstimmungsprozess mit den Behörden einzutreten, um Prozesse, Verfahren und Produkte zu implementieren, die künftigen gesetzlichen Anforderungen genügen.

Etablierte Qualitätskontroll- und -sicherungsprozeduren weisen hingegen einen hohen Anteil an Routinetätigkeiten auf. Herausforderungen bestehen darin,

- die Prozeduren dem (raschen) wissenschaftlich-technischen Fortschritt anzupassen und neue Methoden und Verfahren zu testen, zu validieren und zu integrieren;
- auf gegebenenfalls neuartige auftretende Qualitätsprobleme schnell durch Implementierung entsprechender Untersuchungsverfahren zu reagieren (z. B. Tests auf neuartige Krankheitserreger [BSE-Erreger, Vogelgrippevirus o. Ä.]) oder Kontaminationen, zum Beispiel durch gentechnisch veränderte Organismen);
- den regulatorischen Anforderungen, die sich, wie oben ausgeführt, häufig selbst noch in der Entwicklung befinden bzw. sich wandeln, zu genügen;
- Kundenforderungen nach bestimmten Qualitätskriterien zu erfüllen (z. B. gentechnikfreie Herstellung von Lebensmitteln, Herstellung koscherer Lebensmittel, Gewährleistung der Verwendung bestimmter Rohstoffe, Zutaten und Prozesshilfsmittel);
- dem technischen Wandel, der zunehmend eine In-situ-, Echtzeit-, kontinuierliche und „Point-of-Care“-Analytik ermöglicht, Rechnung zu tragen und bestimmte Prozesskontroll- und Qualitätssicherungsmaßnahmen vom Speziallabor auf Produktionspersonal zu übertragen.

Dokumentation, Wissensmanagement

Wie in der Nanotechnologie (Kap. V.2) kommt auch in der Biotechnologie der Dokumentation und dem Wissensmanagement im Unternehmen wachsende Bedeutung zu. Ihre Aufgabe ist die Unterstützung von Unternehmenstätigkeiten in Forschung und Entwicklung (z. B. Aufzeichnung, Klassifizierung und Archivierung der im Forschungsprozess anfallenden Daten, Nutzbarmachung externer Wissensbestände wie wissenschaftlicher Publikationen oder Datenbanken), in der Qualitätssicherung, bei der Anmeldung von Eigentumsrechten wie Patenten, bei der Vorbereitung von Zulassungsanträgen bei Behörden, aber auch die Unterstützung von Vertrieb und Geschäftsleitung.

Marketing, Vertrieb und Kundendienst

Da in den kommenden Jahren eine weiter zunehmende Zahl an marktreifen biotechnischen Produkten, Verfahren und Dienstleistungen erwartet wird, wird auch die Notwendigkeit steigen, Marketing-, Vertriebs- und Kundendienstkapazitäten zu schaffen, um Produkte am Markt zu platzieren und Umsätze zu realisieren. Wegen des Vorherrschens kleiner und mittlerer Unternehmen in der Biotechnologie“branche“, für die strukturell bedingt der Aufbau internationaler Vertriebskapazitäten schwieriger ist als für große Unternehmen, werden hier häufig Geschäftsmodelle angestrebt, bei denen die Biotechnologieunternehmen Vertriebskooperationen mit Unternehmen eingehen, die international gut aufgestellt sind und über einen etablierten Kundenstamm und -zugang verfügen.

1.6 Veränderte Organisation der Industriearbeit

1.6.1 Rolle der Gruppenarbeit

In Kapitel IV.2 wurde der Schwerpunkt auf die Erörterung der Gruppenarbeit als einem zentralen Baustein neuer Formen der Arbeitsorganisation der Industriearbeit gelegt. Im Kontext der Biotechnologie wird Gruppenarbeit aus verschiedenen Gründen jedoch nicht explizit diskutiert:

- Zum einen befindet sich die industrielle Biotechnologie noch weitgehend in einem frühen Entwicklungsstadium, in dem Forschung und Entwicklung eine industrielle (Massen-)Produktion noch bei Weitem überwiegen. Dabei dürfte in der Forschung eine Organisation in Teams, die der Definition von Gruppen-

arbeit nach Antoni 1994[16] (Kap. IV.2.1) entsprechen, häufig anzutreffen sein.

– Selbst wenn marktfähige Produkte entwickelt sind und das Stadium der industriellen Produktion erreicht ist, dominiert, ähnlich wie in der Chemischen Industrie bei der Produktion von Feinchemikalien, eine chargen- oder kampagnenweise Batchproduktion, meist in Multi-Purpose-Anlagen (Marscheider-Weidemann/Hüsing 2004). Darüber hinaus herrscht in bestimmten Anwendungsbereichen, wie zum Beispiel dem Tissue Engineering, eine „handwerkliche Produktion“ mit einem hohen Anteil menschlicher Arbeitskraft vor, bei der Rationalisierungseffekte durch Massen- und Serienfertigung und Automatisierung noch nicht realisiert werden konnten (Bock et al. 2003). Obwohl die Entwicklung praxistauglicher Technologien mit hoher Standzeit für eine kontinuierliche, gegebenenfalls automatisierte Serienfertigung Gegenstand der aktuellen Forschung ist (z. B. Williams/Sebastine 2005), stellen sich auf absehbare Zeit Fragen der „Retaylorisierung“ von Produktionsprozessen in der Biotechnologie nicht, da eine ausgesprochene „Taylorisierung“ bislang nicht stattgefunden hat und wohl auch nur in Teilbereichen überhaupt möglich und sinnvoll erscheint.

Gleichwohl haben sich in der Biotechnologie spezifische Formen der Arbeitsorganisation herausgebildet bzw. befinden sich in einem von zunehmender Marktreife und Marktorientierung getriebenen Wandlungsprozess. Hierauf wird in den folgenden Kapiteln eingegangen.

1.6.2 Organisation in und zwischen Unternehmen in Abhängigkeit vom Technologiemanagement

Wegen der generellen Charakteristika der Biotechnologie stellt ihre Absorption in Unternehmen besondere Herausforderungen an das Technologiemanagement. Betrachtet man das Absorptionsverhalten von Unternehmen in Bezug auf die Biotechnologie in den letzten Jahren, so lassen sich die folgenden drei Typen unterscheiden, die eng mit der Arbeitsorganisation in den jeweiligen Unternehmen korreliert sind:

– forschungsorientierte, junge dedizierte Biotechnologieunternehmen;

– innovativ biotechnologisch-aktive Unternehmen, zum Beispiel in der Pharma- oder Chemieindustrie;

– Unternehmen in Anwendungsbranchen der Biotechnologie, die Biotechnologie zwar nutzen, jedoch keine eigene biotechnische Forschung und Entwicklung betreiben.

Auf die Arbeitsorganisation in diesen Unternehmenstypen wird im Folgenden näher eingegangen.

[16] Zusammenarbeit einer Gruppe von fünf bis sechs Mitarbeitern über eine gewisse Zeit nach gewissen Regeln und Normen, um gemeinsame Ziele zu erreichen, wobei eine aus mehreren Teilen bestehende Arbeitsaufgabe bearbeitet wird und dabei zusammenhängende Arbeitsprozesse (einschließlich Qualitätssicherung) erfüllt werden.

Forschungsorientierte, junge dedizierte Biotechnologieunternehmen

Der überwiegende Anteil der Biotechnologie„branche“ wird, in Bezug auf die Zahl der Unternehmen, von dedizierten Biotechnologieunternehmen gebildet (Kap. V.1.3; Tabelle 19). Hierbei handelt es sich häufig um junge, kleine, technologieorientierte Unternehmen, die aus dem akademischen Umfeld heraus gegründet werden und deren Ziel es ist, ein Gebiet der akademischen Forschung zu marktfähigen Produkten und Dienstleistungen weiterzuentwickeln. Die Unternehmenstätigkeit ist in der Anfangsphase häufig auf Forschung und Entwicklung fokussiert. Teilweise werden auch Dienstleistungen in das Portfolio mit aufgenommen (Tabelle 23), und dies in der Regel deshalb, um durch die damit generierten Umsätze die FuE-Aufwendungen zumindest teilweise zu finanzieren. Diese Unternehmen stützen ihre Geschäftstätigkeit meist auf eine oder wenige Produktideen, Technologien oder konzeptionelle Forschungsansätze, was in der Regel mit einem hohen unternehmerischen Risiko in Bezug auf den dauerhaften Bestand des Unternehmens verbunden ist.

Da diese Unternehmen häufig aus dem akademischen Umfeld heraus gegründet werden, auch die Geschäftsführung meist von gründenden Wissenschaftlern übernommen wird und die Unternehmen zunächst klein sind, weisen diese Unternehmen oft Aufbau- und Ablauforganisationen sowie Kommunikationsstrukturen und Hierarchien auf, die denen in Forschungsgruppen und wissenschaftlichen Teams ähnlich und häufig wenig formalisiert sind (Murray 2004). Mit zunehmender Marktreife der Produkte fallen zum einen zusätzliche Aufgaben und Tätigkeiten an, die vom ursprünglichen, forschungsorientierten Team nicht mehr vollständig erfüllt werden können (z. B. Produktion, Zulassung, Marketing, Vertrieb; Kap. V.1.5). Hinzu kommt ein Größenwachstum des Unternehmens, sodass die in der Gründerphase angemessenen Strukturen, Management- und Kommunikationsstrategien und strategischen Orientierungen nicht mehr adäquat sind (Finegold/Frenkel 2006). Mitentscheidend für das Überleben des Unternehmens ist in dieser Phase, inwieweit es gelingt, den erforderlichen Wandel im Management und in der Aufbau- und Ablauforganisation zu vollziehen. In Deutschland wird das Fehlen entsprechenden erfahrenen Managementpersonals beklagt, das diesen Wandel erfolgreich gestalten kann. Aus der Perspektive der Beschäftigten kann die Einführung stärker formalisierter Organisationsstrukturen zu einer Einschränkung vorher bestehender informeller Spielräume und zu veränderten Kommunikationswegen und Informationsflüssen zwischen Leitungs- und ausführender Ebene führen, was Auswirkungen auf Motivation und Identifikation mit dem Unternehmen haben kann (Fehre/Mehlis 2005).

Innovativ biotechnologisch-aktive Unternehmen

In innovativ biotechnologisch-aktiven Unternehmen ist – im Gegensatz zu den dedizierten Biotechnologieunter-

nehmen – Biotechnologie nur eines von mehreren Unternehmenszielen. Hierzu gehören beispielsweise Unternehmen der Pharmazeutischen und Chemischen Industrie. In der Regel handelt es sich um etablierte Unternehmen, die vor der Herausforderung stehen, Biotechnologie und die mit ihrer Hilfe hergestellte Produkte, Dienstleistungen oder Prozesse in ihr bestehendes Portfolio zu integrieren.

Pharmaindustrie

In den letzten drei Jahrzehnten hat sich die moderne Biotechnologie zu einem der wichtigsten Treiber für Veränderungen im Innovationsprozess der Pharmaindustrie erwiesen: Das traditionelle, chemisch geprägte Paradigma der Pharmawirkstoffentdeckung und -entwicklung ist weitgehend durch ein biotechnisches Paradigma ergänzt und teilweise sogar ersetzt worden (OECD 2006a; Kap. V.1.2; Reiss/Hinze 2004). Für ausgewählte deutsche Pharmaunternehmen wurde in einer Untersuchung nachgezeichnet, wie auf Unternehmensebene dieser Paradigmenwechsel vollzogen wurde (Dominguez Lacasa 2005). Die Untersuchungen zeigen, dass – in historischer Perspektive – diejenigen Unternehmen Biotechnologie schneller und besser in ihre Innovationsaktivitäten integrieren konnten, die auf eine lange Tradition wissenschaftsbasierter Innovationsstrategien aufbauen und sich das erforderliche neue Know-how durch Kooperationen und Lernen von unternehmensexternen Partnern verfügbar machten. Demgegenüber erwies sich in anderen Pharmaunternehmen, die bereits über unternehmensinterne Kompetenzen in Biologie und Medizin verfügten und damit eigentlich eher an das neue Paradigma hätten anknüpfen können, dies erstaunlicherweise als nicht förderlich für die rasche und umfassende Adoption von Biotechnologie, da es zusammen mit einer auf Versuch und Irrtum ausgerichteten Strategie der Wirkstoffsuche die erforderlichen Kooperationen mit externen Know-how-Trägern eher behinderte (Dominguez Lacasa 2005). Die Akquisition von Hightech-Unternehmen im Ausland, internationale Joint Ventures und die Kooperation mit (ausländischen) international führenden Wissenschaftseinrichtungen und Biotechnologieunternehmen waren in den 1990er Jahren – und sind es auch aktuell noch – sehr wichtige Instrumente des Technologieerwerbs (Galambos/Sturchio 1998; Roijakkers/Hagedoorn 2006; Suarez-Villa/Walrod 2003;). Zusätzlich hat auch der Lizenzerwerb an Bedeutung gewonnen (Gambardella et al. 2000).

Diese Kooperationen mit Externen gingen und gehen Hand in Hand mit unternehmensinternen Umorganisationen, die durch die Integration von biotechnischem Know-how in alle relevanten Unternehmensbereiche erforderlich werden. Zudem machte die hohe Dynamik der Entwicklung der biotechnischen Wissensbasis eine stärkere Flexibilisierung der FuE-Aktivitäten erforderlich, indem eine unternehmenseigene Zentralforschung zugunsten von flexiblen Kooperationen mit externen Know-how-Trägern und von anwendungsorientierten FuE-Einheiten, die in national oder nach Indikationsgebieten gegliederte Geschäftseinheiten integriert sind, zurückgefahren wurde. Es entstehen Kooperations- und Innovationsnetzwerke, in denen die beteiligten Akteure zwar wechselseitig voneinander abhängig sind, sich jedoch wesentlich in ihren jeweiligen Ressourcen, Kompetenzen, Handlungs- und Entscheidungsspielräumen unterscheiden. Die resultierenden forschungs- und wissensbasierten Kooperationen umfassen Elemente autonomer Gestaltungsmöglichkeiten, vertrauens- und verhandlungsorientierter Zusammenarbeit, aber auch asymmetrische Machtbeziehungen und ungleiche Abhängigkeitsverhältnisse (Dolata 1999b). Die kooperative Wissensgenerierung eröffnet auch die Möglichkeit, die interorganisatorischen Lern- und Innovationsprozesse sehr flexibel zu organisieren und sich gegebenenfalls auch schnell wieder von ungeeigneten Kooperationspartnern zu trennen (Dolata 1999a).

Einen Eindruck von dem daraus resultierenden Kooperationsverhalten von deutschen Unternehmen, die auf dem Gebiet der Biopharmazie tätig sind, vermittelt die im Jahr 2004 durchgeführte Untersuchung von Gaisser et al. 2005, bei der Informationen zu Kooperationen von insgesamt 69 Unternehmen und 46 Forschungseinrichtungen ausgewertet wurden (Tabelle 24). Auf der Basis der Daten aus 96 Unternehmen ergab sich, dass die Unternehmen im Durchschnitt 15 Kooperationspartner haben. Dabei sind große Unternehmen mit mehr als 500 Beschäftigten in ein deutlich größeres Kooperationsnetzwerk eingebunden (durchschnittlich knapp 42 Kooperationen/Unternehmen) als kleine und mittlere Unternehmen mit durchschnittlich fünf bis sechs Kooperationen. Die wichtigsten Kooperationspartner aus Unternehmenssicht sind öffentliche Forschungseinrichtungen, mit deutlichem Abstand gefolgt von anderen Unternehmen (Gaisser et al. 2005). Eine ähnliche Befragung nur unter dedizierten Biotechnologieunternehmen zeigt jedoch, dass auch zwischen den dedizierten Biotechnologieunternehmen im Bereich von Forschung und Entwicklung intensive Kooperationsnetzwerke bestehen und sie nicht nur mit Großunternehmen einerseits und öffentlichen Forschungseinrichtungen andererseits kooperieren (Reiss/Hinze 2004, S. 32 ff.).

Die in Tabelle 25 aufgeführten vorherrschenden Gründe für die jeweils bestehenden Kooperationen zeigen, dass aus Sicht von großen Unternehmen vor allem der flexible Zugang zu spezifischem, komplementärem Know-how und den damit verbundenen Anlagen, Forschungsmaterialien und auch qualifiziertem Personal für Kooperationen mit öffentlichen Forschungseinrichtungen und kleinen und mittleren Unternehmen vorherrschend ist. Demgegenüber gehen KMU Kooperationen mit großen Unternehmen vor allem deshalb ein, um den – ressourcenaufwendigen – Marktzugang und die Vermarktung ihrer biopharmazeutischen Produkte und Verfahren zu erreichen.

Tabelle 24

Mittlere Anzahl von Kooperationspartnern von Unternehmen und Forschungseinrichtungen in der Biopharmazie

	durchschnittliche Anzahl von Kooperationspartnern			
	insgesamt	in öffentlichen Forschungs-einrichtungen	in großen Unternehmen	in KMU
öffentliche Forschungseinrichtungen	18,5	14,2	1,8	1,2
Unternehmen insgesamt	15,0	11,7	0,8	1,1
kleine und mittlere Unternehmen (KMU)	5,6	3,2	0,4	1,1
große Unternehmen	41,6	36,0	2,1	1,4

Quelle: Gaisser et al. 2005, S. 150

Tabelle 25

Gründe von Biopharmazieunternehmen für Kooperationen

Gründe von Biopharmazieunternehmen	für Kooperationen mit		
	öffentlichen Forschungs-einrichtungen	KMU	großen Unternehmen
Klärung wissenschaftlicher Fragen	x	x	
Zugang zu spezifischem, komplementärem Know-how	x	x	
Zugang zu neuen Forschungsgebieten bei geringem finanziellem Risiko	x	x	
Zugang zu Einrichtungen, Anlagen und Forschungsmaterialien	x	x	
Zugang zu zusätzlichen Finanzierungsmitteln	x		
Prüfung und Validierung biotechnischer Konzepte, Prozesse und Produkte	x		
Zugang zu hochqualifizierten Arbeitskräften	x	x	
Durchführung präklinischer und klinischer Studien	x		
Reputation	x		
Zugang zu neuen, insbesondere internationalen Märkten			x
Marketing und Vertrieb			x
Zugang zu Know-how in Produktentwicklung, Produktion		x	x
Zugang zu Know-how in Regulierungs-, Zulassungs- und Gesetzesfragen			x

Quelle: eigene Darstellung nach Informationen aus Gaisser et al. 2005, S. 148 ff.

Chemie

Der Absorptionsprozess der Biotechnologie, der sich in den letzten drei Jahrzehnten in der Pharmaindustrie vollzogen hat, findet aktuell auch in der Chemischen Industrie statt (Bachmann et al. 2004). Sie weist, ähnlich wie die Pharmazeutische Industrie, günstige Voraussetzungen auf, um biotechnisches Know-how zu integrieren, da sie forschungsintensiv ist, in der Regel über eigene FuE-Abteilungen verfügt und die vielfältigen Formen der Forschungskooperationen mit externen Know-how-Trägern nutzt. In den vergangenen Jahrzehnten haben zahlreiche Chemieunternehmen eigenes biotechnisches Know-how aufgebaut und auch ein kleineres Spektrum an biotechnisch hergestellten Produkten zur Marktreife entwickelt (Hüsing et al. 2003; Patel et al. 2006). Dabei wurde das Biotechnologie-Know-how zunächst häufig als eigene Abteilung bzw. eigener Unternehmensbereich aufgebaut, der nur wenig mit anderen produkt- bzw. kundenorientierten Geschäftsbereichen integriert war, die mit dem traditionellen Chemiegeschäft befasst waren. Dies spiegelte zum Teil auch den manchmal wahrzunehmenden „Exotenstatus“ der Biotechnologie innerhalb des Chemieunternehmens wider (Hüsing et al. 2000).

Inzwischen haben mehrere in der Biotechnologie führende Chemieunternehmen eine unternehmensinterne Neuordnung des Biotechnologie-Know-hows vorgenommen, da sie sich vom proaktiven Ausloten des Potenzials der Biotechnologie für innovative Produkte und Prozesse Wettbewerbsvorteile versprechen. In diesen Unternehmen ist die Biotechnologie nicht länger nur in einer Geschäftseinheit zusammengefasst, sondern es werden biotechnologierelevante FuE- sowie Markterschließungsaufgaben in diejenigen produkt- bzw. kundenorientierten Geschäftsbereiche integriert, in denen Biotechnologie bislang keine nennenswerte Rolle spielt, ihr jedoch großes Potenzial für innovative Produkte und Prozesse zugemessen wird. Diese Neuordnung erfolgt zum Teil im Rahmen von zeitlich befristeten Projekten, deren Fortführung an das Erreichen bestimmter Meilensteine gebunden ist, zum Teil durch zeitlich befristeten bzw. projektgebundenen Personaltransfer zwischen Geschäftseinheiten sowie durch Joint Ventures. Dadurch werden hohe Anforderungen an die betroffenen Beschäftigten in Bezug auf Flexibilität, Kommunikations- und Arbeitsfähigkeit in interdisziplinären Kontexten und wechselnden Organisationszusammenhängen gestellt.

Inwieweit sich, bedingt durch die Biotechnologie, auch in der Chemischen Industrie ähnliche unternehmensinterne Organisationsstrukturen und externe Kooperationsnetzwerke entwickeln werden wie in der biopharmazeutischen Industrie, kann derzeit noch nicht beurteilt werden.

Nutzerbranchen

Biotechnische Verfahren bieten nicht nur in der Pharmazeutischen und der Chemischen Industrie, sondern auch in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie, der Textilveredelung, der Lederherstellung und der Zellstoff- und Papierproduktion Potenziale für innovative Produkte und Verfahren (Kap. V.1.2). Allerdings erschweren strukturelle und wirtschaftliche Rahmenbedingungen, wie die traditionell geringe Forschungsintensität dieser Branchen, die mittelständische Struktur und eine teilweise konservativ-traditionelle, handwerkliche Ausrichtung, die proaktive Absorption biotechnischen Know-hows. Innovationen in diesen Branchen werden häufig in den vorgelagerten Industrien, wie der Chemischen Industrie oder dem Maschinen- und Anlagenbau, erbracht, und dies trifft in weiten Bereichen auch auf die Biotechnologie zu (Hüsing et al. 1998 u. 2000). Für die vorgelagerten Branchen ergibt sich daraus die Anforderung, dass sie über relevantes biotechnisches Know-how verfügen, intensive Kontakte zu ihren Kundenbranchen in der Lebensmittel-, Textil-, Papier- und Lederindustrie pflegen und außerdem biotechnische Innovationen so kundenorientiert entwickeln müssen, dass diese ohne vertieftes Biotechnologie-Know-how von diesen auch im betrieblichen Alltag sicher und zuverlässig einsetzbar sind, bzw. durch produktorientierte Dienstleistungen ergänzt werden müssen. Hierzu zählen beispielsweise Schulungen und Beratungen, Einfahren von biotechnischen Anlagen und Prozessen, Betrieb von Pilotanlagen, in denen innovative Produkte und Verfahren gemeinsam mit Kunden entwickelt werden. Somit trägt die Biotechnologie – neben anderen Technologien – ebenfalls zu einer „Verwissenschaftlichung“ der ursprünglich handwerklich geprägten Produktionsprozesse in diesen Branchen bei.

Insgesamt zeigt sich, dass sich in den verschiedenen Anwenderbranchen der Biotechnologie in Abhängigkeit von der Absorption der Biotechnologie sehr unterschiedliche Organisationsformen herausgebildet haben bzw. noch herausbilden.

1.6.3 Kooperationen und Integration entlang der Wertschöpfungsketten

Im vorangegangenen Kapitel wurde bereits ausführlich darauf eingegangen, dass sich in Abhängigkeit vom Technologiemanagement zur Absorption von Biotechnologie-Know-how sehr unterschiedliche Kooperations- und Organisationsmuster in den verschiedenen, von Biotechnologie beeinflussten Branchen herausgebildet haben. In diesem Kapitel soll beleuchtet werden, welche Auswirkungen die Marktorientierung auf die Organisation von Arbeit hat.

Wegen der starken Wissenschaftsbindung und der zentralen Rolle von dedizierten Biotechnologieunternehmen, die häufig aus Forschungskontexten heraus gegründet werden, ist im Innovationsgeschehen der Biotechnologie teilweise eine fehlende Ausrichtung an Märkten und auf Kundenbedürfnisse zu konstatieren. Exemplarisch seien neuartige Produktionsplattformen für Biopharmazeutika (z. B. gentechnisch veränderte Tiere bzw. Pflanzen) oder auch neuartige Therapieprinzipien wie das Tissue Engineering genannt. In diesen Feldern wurden Forschungsfragen, die im Zusammenhang mit der arzneimittelrechtlichen Zulassung bzw. der Massenproduktion nach arzneimittelrechtlichen Standards der daraus resultierenden Produkte stehen, erst vergleichsweise spät aufgegriffen. Dies stellte einen hemmenden Faktor für den Marktzutritt und die Vermarktung dar (Bock et al. 2005; TAB 2005). Ein anderes Beispiel ist der Einsatz gentechnisch veränderter Organismen in der Landwirtschaft und

Lebensmittelproduktion: Deren Entwicklung wurde und wird überwiegend von – endkundenfernen – Agro-Food-Unternehmen betrieben, ohne die sehr großen Akzeptanzvorbehalte bei Endverbraucherinnen und -verbrauchern (Gaskell et al. 2003 u. 2006) in der Anfangsphase wahrgenommen und angemessen berücksichtigt zu haben (Marris et al. 2001).

Wegen des Vorherrschens sehr kleiner bis mittlerer Unternehmen in der Biotechnologie besteht ein struktureller Nachteil bei der Erschließung breiterer, auch internationaler Märkte, da Unternehmen dieser Größe in der Regel nicht über geeignete Vertriebsstrukturen verfügen bzw. diese kurzfristig aufbauen können. Kooperationen, Auslizenzierungen, Joint Ventures und auch der Aufkauf des Biotechnologieunternehmens durch ein großes Unternehmen sind etablierte Strategien zur Markterschließung (Tabelle 25).

Auf die Integration von produktbegleitenden Dienstleistungen in das Unternehmensportfolio für die Markterschließung, insbesondere bei Kunden, die selbst über kein vertieftes spezifisches Know-how für die Entwicklung und die Nutzung biotechnischer Produkte und Verfahren verfügen, wurde bereits in Kapitel V.1.5 hingewiesen.

Mit den angestrebten biotechnischen Produkten und Dienstleistungen werden teilweise neue Märkte adressiert, die in dieser Form noch nicht bestehen. Weil die Biotechnologie meist in einem der vorderen Glieder der Wertschöpfungskette angesiedelt ist, besteht die strategische Herausforderung, für die Erschließung dieser Märkte die relevanten – und teilweise sehr heterogenen – Akteure mit zum Teil divergierenden Interessen entlang der Wertschöpfungsketten zu integrieren. Hierzu gehört auch die Einbindung von nationalen und internationalen Regulierungsbehörden (z. B. Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) in Deutschland und die europäische Arzneimittelbehörde European Agency for the Evaluation of Medicinal Products (EMEA), da – wie im Fall der neuen Produktionsplattformen für Biopharmazeutika oder der Tissue-Engineering-Produkte – die rechtlichen Rahmenbedingungen der Forschung, Produktion und des Marktzutritts erst noch entwickelt werden müssen (Blind et al. 2004). Auch die Kaufbereitschaft potenzieller künftiger Endkunden, die häufig nicht die Kunden der entwickelnden Unternehmen sind, ist zu antizipieren (Giesecke 2003). Für das Management der betroffenen Unternehmen stellt sich die Herausforderung, diesen Prozess unter hoher Unsicherheit zu gestalten.

1.6.4 Internationalisierung und ihre Auswirkungen auf die Organisation von Arbeit in der Biotechnologie

Das für die Beherrschung der Biotechnologie relevante Wissen wird in internationalen Netzwerken generiert. Dies stellt Unternehmen, die in diesem Bereich tätig sind, vor die Herausforderung, international zu agieren, um sich das für die Unternehmenstätigkeit relevante Wissen verfügbar zu machen. Untersuchungen zum Internationalisierungsgrad der biopharmazeutisch tätigen Biotechnologieunternehmen in Deutschland weisen auf eine starke Auslandsorientierung hin: 50 bis 60 Prozent der Unternehmen beliefern Auslandsmärkte, etwa 50 Prozent der Kooperationspartner sind ausländische Kooperationspartner, und im Zeitraum 1994 bis 2000 wurden 24 bis 32 Prozent aller biopharmazeutischen Patente aus Deutschland gemeinsam mit ausländischen Erfindern angemeldet (Reiss/Hinze 2004, S. 36 f).

Die industrielle biotechnische Forschung und Entwicklung ist eindeutig international orientiert und sucht auch die Nähe zu international führenden Forschungseinrichtungen. Vor diesem Hintergrund stellt sich in Unternehmen häufig die Frage, ob aus der Forschungsstandortwahl auch abgeleitet werden kann, in welchem Land künftige Produktionsstandorte entstehen werden. Ein direkter Rückschluss ist in der Regel nicht möglich, da für die Wahl von Produktionsstandorten vielfältige Gründe, die zum Teil produkt- bzw. unternehmensspezifisch sind, eine Rolle spielen. Zu den Gründen zählen:

- Nähe zu bzw. Erschließung von großen und führenden Märkten, insbesondere im Bereich Biopharmazeutika die USA, Nähe zur US-Zulassungsbehörde Food and Drug Administration (FDA);
- Verfügbarkeit von Rohstoffen (insbesondere für Massenprodukte auf Biomassebasis, wie zum Beispiel Bioethanol oder Biokunststoffe);
- Logistik des Produktabsatzes (z. B. im Fall von industriellen Enzymen oder Tissue-Engineering-Produkten, die eine nur begrenzte Haltbarkeit aufweisen und daher in der Nähe der Absatzmärkte produziert werden);
- Anreize zur Ansiedlung, Fehlen von Ansiedlungshemmnissen.

Eine aktuelle Untersuchung in regionalen britischen Biotechnologieclustern weist darauf hin, dass Kooperationen mit regionalen Partnern sehr wohl für die Ideengenerierung und die ersten Schritte der Produktentwicklung ausreichend sein können, dass aber nationale und internationale Kooperationen in den Stadien der Produktion, des Marktzutritts und des Vertriebs wichtiger werden. Insgesamt wird das Kooperationsmuster aber stärker von der wissenschaftlich-technologischen Wissensbasis, der Forschungsförderung, den Geschäftsmodellen der Unternehmen und der Strategien der Wettbewerber in den sich entwickelnden Märkten bestimmt als von den Kompetenzen und Strukturen im regionalen Cluster (Hendry/Brown 2006).

International agierende Biotechnologieunternehmen unterhalten zum Teil mehrere ausländische FuE- bzw. Produktionsstandorte, die auch unternehmensintern im Wettbewerb zueinander stehen können. Inwieweit an den jeweiligen Standorten bestimmte Produktivitätskennziffern erreicht werden, kann mit darüber entscheiden, an welchem Ort bestimmte Produkte erforscht oder hergestellt bzw. bestimmte biotechnische Prozesse implementiert werden.

Hieraus ergibt sich, dass zumindest die Führungsebene Kompetenzen und Qualifikationen aufweisen muss, die für das erfolgreiche Agieren in den oben skizzierten internationalen Kontexten erforderlich sind. Hierzu gehören neben internationalen Fachkenntnissen auch Fremdsprachenkenntnisse sowie interkulturelle Kompetenzen, die für die Betreuung und Koordination von und den Wissen-

stransfer zwischen internationalen Teams erforderlich sind. Teilweise werden hierfür dezidiert internationale Grenzgänger mit Schnittstellenfunktion („boundary spanners“) beschäftigt.

1.7 Qualifikationsanforderungen

1.7.1 Aktuelle Qualifikationsstruktur in der kommerziellen Biotechnologie

In der kommerziellen Biotechnologie sind derzeit etwa 29 000 Personen beschäftigt, davon etwa 14 150 in dedizierten Biotechnologieunternehmen und etwa 14 800 in innovativ biotechnologisch-aktiven Unternehmen (biotechnologie.de 2007; Tabelle 19). Hierin sind Beschäftigte in Universitäten und Forschungseinrichtungen, bei Vorleistern sowie in Anwenderbranchen nicht enthalten (BMBF 2000). Mithilfe ökonomischer Modelle können diese Beschäftigungswirkungen ebenfalls abgeschätzt werden. Für das Jahr 2000 wurde auf diese Weise ermittelt, dass in Deutschland etwa 240 000 Beschäftigte (dies entspricht etwa 0,7 Prozent aller Erwerbstätigen) direkt oder in Anwenderbranchen mit der Biotechnologie befasst sind. Hinzu kommen knapp 380 000 Arbeitsplätze in vorgelagerten Wirtschaftszweigen (1 Prozent der Erwerbstätigen) (Menrad et al. 2003a; Menrad/Frietsch 2006). Durch Weiterentwicklung dieser modellbasierten Abschätzung der Beschäftigungswirkungen wurde für das Jahr 2004 ermittelt, dass in der Biotechnologiebereitstellung (Tätigkeiten in Universitäten, Forschungseinrichtungen, dedizierten Biotechnologieunternehmen, Biotechnologieausstattern) sowie in Anwenderbranchen (Pharmazie, Chemie, Lebensmittel, Landwirtschaft, Umweltschutz) von Beschäftigungswirkungen im Umfang von mindestens 260.000 Erwerbstätigen auszugehen ist. Dabei liegt die direkte Beschäftigungswirkung in den Anwenderbranchen mit etwa 170 000 Beschäftigten fast doppelt so hoch wie in der Biotechnologiebereitstellung mit rund 90 000 Beschäftigten. Zudem wurden die indirekten Beschäftigungseffekte ermittelt, die durch Investitionen und Ausgaben für Vorleistungseinkäufe der Biotechnologiebereitstellung und -Anwendung entstehen: Sie sind mit etwa 80 000 Beschäftigten in der BT-Bereitstellung sowie etwa 220 000 Beschäftigten in der BT-Anwendung größer als die jeweiligen direkten Beschäftigungswirkungen der Biotechnologie[17] (Nusser et al. 2007).

Welche Qualifikationsstruktur in Unternehmen, die in der Biotechnologie tätig sind, in Deutschland aktuell vorliegt, wurde durch eine Befragung von dedizierten und innovativ biotechnologisch-aktiven Unternehmen ermittelt (Kriegesmann et al. 2005). Die Ergebnisse sind in Tabelle 26 aufgeführt. Sie zeigen, dass die Unternehmen einen hohen Anteil von Akademikern aufweisen, gefolgt von Personal mit fachschulischer Ausbildung. Dies steht im Einklang mit dem hohen Anteil von Forschung und Entwicklung an den Unternehmenstätigkeiten (Kap. V.1.5.2). Zudem erweist sich die Qualifikationsstruktur als abhängig von der Unternehmensgröße: Je kleiner das Unternehmen, umso höher ist in der Regel auch der Akademikeranteil. Insgesamt zeigen diese Ergebnisse, dass Biotechnologieunternehmen eine Qualifikationsstruktur aufweisen, wie sie für wissensintensive Tätigkeiten zu erwarten ist, die vorrangig für Hochqualifizierte Beschäftigungspotenziale bietet.

[17] Aus methodischen Gründen ist ein Aufaddieren der direkten und der indirekten Beschäftigungswirkungen sowie die Summenbildung der indirekten Beschäftigungswirkungen, die durch die Biotechnologiebereitstellung einerseits und die Biotechnologieanwendung andererseits induziert werden, nicht zulässig, da es sonst zu erheblichen Doppelzählungen und damit zu einer deutlichen Überschätzung der Beschäftigungswirkungen käme.

Tabelle 26

Qualifikationsstruktur der Beschäftigten in deutschen Biotechnologieunternehmen

Qualifikation	Anteil (%) n = 133 Unternehmen
akademische Ausbildung	*63*
– Promotion	*36*
– Universitätsabschluss, z. B. Diplom	*18*
– Fachhochschulabschluss	*9*
nichtakademische Ausbildung	*35*
– fachschulische Berufsausbildung	*25*
– duale Berufsausbildung	*8*
– Meister, Techniker	*2*
kein Abschluss	*2*
gesamt	*100*

Quelle: Kriegesmann et al. 2005, S. 20 ff.

In mittelfristiger Perspektive von etwa fünf bis zehn Jahren wird sich der Personalbedarf in Biotechnologieunternehmen wegen des erwarteten Wachstums und der geäußerten Expansionsabsichten der befragten Biotechnologieunternehmen erhöhen und dabei auch qualitativ verändern. Es ist jedoch nicht davon auszugehen, dass in nennenswertem Umfang Beschäftigungseffekte für Gering- oder Nichtqualifizierte entstehen werden. Vielmehr werden sich die bereits heute bestehenden Stellenbesetzungsprobleme bei hochqualifiziertem Personal nach Einschätzung von Kriegesmann et al. (2005) und Menrad et al. (2003a) künftig verschärfen und könnten möglicherweise das Wachstum der industriellen Biotechnologie verlangsamen, sofern keine wirksamen Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Dabei werden folgende Aspekte hervorgehoben (Kriegesmann et al. 2005; Menrad et al. 2003a):

– Akademisches Personal in Forschung und Entwicklung: Wegen der Wissenschaftsbasierung, Forschungsintensität und hohen Dynamik in Wissenschaft und Technik ist zu erwarten, dass der Bedarf an akademischem Personal für Tätigkeiten in Forschung und Entwicklung hoch bleiben wird. Während universitäre Studiengängen in der Biotechnologie und verwandter Fächer (Kap. V.1.7.2) in geeigneter Weise für Tätigkeiten in der biotechnologischen Forschung und Entwicklung qualifizieren und damit qualitativ den Bedarf und die Nachfrage decken sollten, wird mittelfristig mit einem Mangel an entsprechend qualifizierten Nachwuchswissenschaftlern gerechnet. Hierzu tragen wesentlich ein verhaltenes Interesse, ein natur- oder ingenieurwissenschaftliches Studium aufzunehmen, die im internationalen Vergleich unterdurchschnittlichen Absolventenquoten bei natur- und ingenieurwissenschaftlichen Studienabschlüssen sowie ein hoher Ersatzbedarf durch altersbedingte Austritte aus dem Erwerbsleben bei (Legler et al. 2005, S. 78 ff.). Inwieweit es der Biotechnologie„branche“ gelingen wird, sich im Wettbewerb um natur- und ingenieurwissenschaftlich qualifiziertes akademisches Personal gegenüber der Chemischen und Pharmazeutischen Industrie und anderen gut zu positionieren, wird wesentlich davon abhängen, ob es den Biotechnologieunternehmen gelingt, attraktive und wettbewerbsfähige Arbeitsbedingungen zu bieten.

– Akademisches Personal in produktions- und marktorientierten Unternehmensbereichen: Viele Biotechnologieunternehmen vollziehen gerade den Übergang von der überwiegenden Forschungsorientierung in die Produktion und Vermarktung bzw. planen dies in mittelfristiger Perspektive. Damit gehen geänderte Kompetenzanforderungen an das akademisch ausgebildete Personal einher, das für die im Aufbau befindlichen produktions-, anwendungs- und marktorientierten Unternehmensbereiche wie Produktion, Qualitätskontrolle und -sicherung, Regulatory Affairs, Marketing und Vertrieb und teilweise auch Kundendienst benötigt wird (Kap. V.1.5.2). Für leitende Tätigkeiten in der Produktion sowie der Qualitätskontrolle und -sicherung wird sich voraussichtlich die Nachfrage nach Ingenieuren mit naturwissenschaftlichem bzw. biotechnischem Hintergrund sowie nach Fachhochschulabsolventen mit ingenieurwissenschaftlicher Ausrichtung erhöhen. Vertriebs- und Marketingtätigkeiten erfordern von der Tätigkeit her zwar nicht zwingend (promovierte) Akademiker, werden aber häufig von diesen ausgeführt, um von den – meist akademisch ausgebildeten – Kunden akzeptiert zu werden, um eine hohe Kompetenz für das Produkt bzw. die Dienstleistung zu demonstrieren und um der teilweise starken Erklärungsbedürftigkeit der biotechnischen Produkte und Dienstleistungen Rechnung zu tragen.

– Für Tätigkeiten in den oben genannten anwendungs- und marktorientierten Unternehmensbereichen sind vor allem interdisziplinäres naturwissenschaftlich-technisches Fachwissen, praktische Berufserfahrung und Branchenkenntnisse sowie teilweise Spezialwissen (beispielsweise in dem Regelwerk der Guten Herstellpraxis (Good Manufacturing Practice, GMP), Patentwesen o. Ä.) erforderlich. In diesen Bereichen bestehen bereits heute Personalrekrutierungsprobleme, obwohl die Zahl formalqualifizierter Personen eigentlich ausreichen sollte. Personalengpässe bestehen vor allem, weil die verfügbaren Bewerber, darunter auch Berufsanfänger bzw. arbeitslose natur- und ingenieurwissenschaftliche Akademiker, die genannten Qualifikationen und Kompetenzen nicht in ausreichendem Maße aufweisen oder die Biotechnologieunternehmen die Gehaltsvorstellungen entsprechend qualifizierten Personals nicht erfüllen können (Kriegesmann et al. 2005). Mit wachsendem Personalbedarf in der Biotechnologieindustrie bei gleichzeitig zu erwartenden Engpässen bei natur- und ingenieurwissenschaftlich ausgebildetem Fachpersonal droht sich dieses bereits heute bestehende Problem noch zu verschärfen. Kriegesmann et al. (2005) weisen jedoch darauf hin, dass das Problembewusstsein bei den Biotechnologieunternehmen noch gering ist und dementsprechend auch kaum Strategien zur Milderung des Problems entwickelt sind.

– „Soft Skills“ bei akademisch ausgebildetem Fachpersonal: Wegen der Generierung unternehmensrelevanten Biotechnologie-Know-hows in internationalen Multiakteursnetzwerken und flexiblen Netzwerkstrukturen (Kap. V.1.6.2 u. V.1.6.4) werden zumindest von den Führungskräften Fremdsprachenkenntnisse, Fähigkeiten zur interdisziplinären Kommunikation und Zusammenarbeit sowie interkulturelle Kompetenzen gefordert, die für die Betreuung und Koordination von und den Wissenstransfer zwischen internationalen Teams erforderlich sind. Durch die Organisation der Arbeit in zeitlich befristeten Projekten und Organisationsstrukturen werden hohe Anforderungen an die betroffenen Beschäftigten in Bezug auf Flexibilität, Kommunikations- und Arbeitsfähigkeit in interdisziplinären Kontexten und wechselnden Organisationszusammenhängen gestellt.

– Technisches Personal: Biotechnologieunternehmen benötigen neben akademischem Personal auch in ho-

hem Maße technische Assistenten mit fachschulischer Ausbildung (z. B. Biologisch-Technische Assistenten) bzw. Personal mit dualer Ausbildung (z. B. Biologie- und Chemielaboranten, Chemikanten, Pharmakanten) zur Sicherung der betrieblichen Abläufe im Routinebereich des Forschungslabors, der Produktion und in der Qualitätskontrolle und -sicherung. Aktuell bestehende Probleme bei der Stellenbesetzung sind zum einen weniger stark ausgeprägt als bei akademischem Personal, zum anderen eher qualitativer Natur: Auf der einen Seite konkurrieren kleine Biotechnologieunternehmen mit Großunternehmen der Chemischen und Pharmazeutischen Industrie um besonders qualifiziertes bzw. motiviertes technisches Personal und stehen damit vor der Herausforderung der Anreizgestaltung. Dabei können die Großunternehmen meist attraktivere Konditionen in Bezug auf Gehalt, Sonderleistungen und geregelte Arbeitszeit bieten, sodass kleine Biotechnologieunternehmen versuchen, Anreize durch Übernahme von Tätigkeiten mit vergleichsweise hoher Verantwortung oder einem breiten Aufgabenspektrum zu setzen. Auf der anderen Seite beklagen Biotechnologieunternehmen, dass technisches Personal meist eine erhebliche Einarbeitungszeit brauche, da die im Unternehmen erforderlichen spezifischen Biotechnologiekenntnisse fehlten. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass angesichts des Querschnittscharakters der Biotechnologie einerseits und der teilweise sehr ausgeprägten Spezialisierung einzelner Biotechnologieunternehmen auf bestimmte Methoden andererseits in einer fachschulischen oder betrieblichen Ausbildung grundsätzlich immer nur Teilbereiche des Gesamtspektrums vermittelt werden können. Gleichwohl weisen Experten darauf hin, dass trotz der kürzlich erfolgten Aktualisierung der Ausbildungsinhalte bei der fachschulischen Ausbildung die Ausbildung immer noch stark auf traditionelle Beschäftigungsfelder ausgerichtet sei (Kriegesmann et al. 2005, S. 40). Weitere Personalrekrutierungsprobleme liegen in der regionalen (Nicht-)Verfügbarkeit von technischem Personal, was zum einen durch bestehende regionale Unterschiede in den Ausbildungsmöglichkeiten, zum anderen durch die – häufig familiär bedingte – geringe Mobilität dieser Berufsgruppe mit hohem Frauenanteil bedingt ist. Nach Einschätzung von Kriegesmann et al. (2005) ist in mittelfristiger Perspektive von einer Verschärfung der hier skizzierten Personalrekrutierungsprobleme bei technischem Personal auszugehen.

1.7.2 Aus- und Weiterbildungsangebote in Deutschland

An deutschen Universitäten werden im Jahr 2007 20 Studiengänge mit Relevanz für die Biotechnologie angeboten, an deutschen Fachhochschulen existieren 26 Studiengänge mit einem biotechnologischen Hintergrund. Insgesamt stehen dadurch rund 2 600 Studienplätze zur Verfügung. Mehr als die Hälfte der Hochschulen hat ihre Ausbildung auf Bachelor- und Master-Abschlüsse umgestellt. Derzeit haben Studierwillige daher die Wahl zwischen 13 Diplom-, 31 Bachelor- und 32 Master-Studiengängen (www.biotechnologie.de).

Nach Angaben des Verbands Deutscher Biologen und biowissenschaftlicher Fachgesellschaften (vdbiol) aus dem Jahr 2006 besteht für die Ausbildung von technischem Personal zum einen die Möglichkeit der 3- bis 3,5-jährigen betrieblichen Ausbildung zur Produktionsfachkraft für Biotechnik oder zum/zur Biologielaboranten/-in im dualen System. Die betriebliche Ausbildung erfolgt in Unternehmen bzw. in Forschungsinstituten (Hochschulen, Kliniken oder außeruniversitäre Forschungseinrichtungen), mit denen ein Ausbildungsvertrag geschlossen wird. Sie wird durch den Besuch der Berufsschule ergänzt. Zum anderen kann eine Ausbildung zum/zur Biologisch-Technischen Assistenten/-in (BTA) auch an Berufsfachschulen erfolgen. In Deutschland gibt es zurzeit etwa 40 BTA-Schulen im engeren Sinne sowie etwa 70 Fachschulen, an denen schulische Ausbildungen zum Laboranten bzw. zum TA verschiedener biowissenschaftlicher Fachrichtungen möglich sind. Die Fachschulen sind staatlich und damit schulgeldfrei, oder es handelt sich um Privatschulen, an denen ein monatliches Schulgeld zu entrichten ist. Die Ausbildungsdauer beträgt zwei oder drei Jahre. An neun Einrichtungen ist in Deutschland die berufliche Weiterbildung von Personen mit abgeschlossener BTA- oder Biolaborantenausbildung zum Biotechniker möglich. Diese berufliche Weiterbildung an einer Technikerschule dauert in Vollzeit zwei Jahre oder berufsbegleitend vier Jahre.

1.8 Arbeitsschutz

1.8.1 Gesundheitsgefahren beim Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen

Biotechnologische Tätigkeiten beinhalten den beabsichtigten und nichtbeabsichtigten Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen, die die Gesundheit von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern durch Infektionen, Allergien oder toxische Wirkungen gefährden können (Hüsing et al. 1995). Um entsprechenden Gefährdungen vorzubeugen und die Beschäftigten zu schützen, ist seit den 1990er Jahren eine entsprechende EU-Richtlinie[18] in Kraft, die in Deutschland durch das Arbeitsschutzgesetz und die Verordnung zur Umsetzung von EG-Richtlinien über den Schutz der Beschäftigten gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit (Biostoffverordnung) in nationales Recht umgesetzt wurde. Sie wird durch ein technisches Regelwerk ergänzt, das Regeln und Erkenntnisse zur Erfüllung der Anforderungen der Verordnung enthält, die vom Ausschuss für Biologische Arbeitsstoffe ermittelt wurden. Darüber hinaus sind das Gentechnikgesetz, die Gentechniksicherheitsverordnung und das Infektionsschutzgesetz von Relevanz (Eckebrecht 2000).

Die Biostoffverordnung regelt berufsbedingte Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen, das heißt mit Mikroorga-

[18] 90/679/EWG; in der aktuell gültigen Fassung als Richtlinie 2000/54/EG über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe bei der Arbeit.

nismen einschließlich gentechnisch veränderten Mikroorganismen, Zellkulturen, humanpathogenen Endoparasiten sowie mit Agenzien, die mit der transmissiblen, spongiformen Enzephalopathie assoziiert sind (z. B. BSE-Erreger, Prionen). Freie Nukleinsäuren (DNA, RNA) und Plasmide sind von der Biostoffverordnung nicht abgedeckt. Die Verordnung enthält Regelungen zum Schutz der Beschäftigten bei diesen Tätigkeiten. Dabei werden auch ehrenamtlich Tätige, Schüler, Studenten und Praktikanten, Doktoranden oder Stipendiaten an Hochschulen, Universitäten oder an anderen Forschungseinrichtungen als Beschäftigte angesehen, die durch die Biostoffverordnung geschützt werden sollen.

Während in den vergangenen Jahren potenzielle Gesundheitsgefährdungen durch biotechnische Tätigkeiten bei der Arbeit, wie oben beschrieben, adressiert und in das etablierte System des Arbeitsschutzes integriert wurden, zeichnen sich mit der Nanobiotechnologie, aber insbesondere mit der Synthetischen Biologie, zwei sich neuentwickelnde Felder ab, die potenziell Gesundheitsgefährdungen bergen könnten (Bhutkar 2005; Check 2006; McDaniel/Weiss 2005, Tucker/Zilinskas 2006). Allerdings reicht der aktuelle Kenntnisstand noch nicht aus, um eine Abschätzung der möglichen Gesundheitsgefährdung vorzunehmen (Aitken et al. 2004; Mark 2005; SCENIHR 2006), sodass hier noch Forschungsbedarf besteht, wie er beispielsweise von BAuA et al. (2006) skizziert wurde.

1.8.2 Gentests bei Einstellungsuntersuchungen und am Arbeitsplatz

Durch die wissenschaftlichen Erkenntnisse, die sich aus dem Humangenomprojekt ergeben und durch die verbesserten technischen Möglichkeiten zur DNA-Analyse und Gendiagnostik haben sich bereits in den letzten Jahren die Möglichkeiten stark erweitert, die genetische Disposition von Menschen zu untersuchen, und dieser Trend wird sich auch in absehbarer Zukunft weiter fortsetzen (TAB 2000b; Propping et al. 2006). Damit eröffnet die Bio- und Gentechnik prinzipiell die Möglichkeit, genetische Untersuchungen auch an Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern durchzuführen. Solche Untersuchungen könnten – zusammen mit anderen arbeitsmedizinischen und -psychologischen Untersuchungen – Erkenntnisse darüber liefern, inwieweit die Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer aufgrund ihrer genetischen Disposition

– in besonderem Maße für bestimmte berufliche Tätigkeiten geeignet erscheinen,

– eine besondere Anfälligkeit bzw. Widerstandsfähigkeit gegenüber am Arbeitsplatz vorhandenen Belastungen (z. B. Stress, Lärm, Schad- und Giftstoffe, Allergene) aufweisen,

– mit erhöhter Wahrscheinlichkeit in der Zukunft an einer Krankheit erkranken könnten, die zum Zeitpunkt der Untersuchung noch nicht manifest (anhand klinischer Symptome erkennbar) ist (sogenannte prädiktive Gendiagnostik).

Derartige Gentests könnten prinzipiell bei allen Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern durchgeführt werden; sie sind keinesfalls auf die Biotechnologie„branche“ beschränkt. Vielmehr stellt die Biotechnologie Wissen und Werkzeuge bereit, die solche Untersuchungen grundsätzlich – und damit auch im Arbeitsumfeld – möglich machen.

Die Erlangung entsprechender Erkenntnisse kann für die Beschäftigten von Interesse sein, da sie im Falle eines erhöhten Erkrankungsrisikos bewusst entscheiden können, ob sie die betreffende Tätigkeit bzw. den betreffenden Arbeitsplatz dennoch anstreben oder nicht. Aus Sicht des Arbeitgebers könnten die durch Gentests gewonnenen Erkenntnisse die Auswahl von Beschäftigten unterstützen, die über die notwendige körperliche, geistige und gesundheitliche Eignung zur Tätigkeitsausübung verfügen. Zudem könnten Erkenntnisse über eine wahrscheinliche künftige Gesundheitsentwicklung Hinweise auf mögliche künftige Fehlzeiten, verringerte Arbeitsproduktivität und ein eventuelles vorzeitiges Ausscheiden aus dem Erwerbsleben geben (EGE 2003).

Neben der eher wissenschaftlich-technischen Frage, inwieweit die Gentests die gewünschten Erkenntnisse tatsächlich valide und – angesichts des Wahrscheinlichkeitscharakters der möglichen Aussagen – in Handeln umsetzbar liefern können, stellt sich das Problem der möglichen Diskriminierung von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern allein aufgrund ihrer genetischen Disposition. Darüber hinaus ist zwischen dem Interesse des Arbeitgebers, einen geeigneten Arbeitnehmer zu gewinnen, der nicht in absehbarer Zeit durch Krankheit ausfallen wird, und dem Recht auf informationelle Selbstbestimmung des Arbeitnehmers, das ebenfalls ein Recht auf Nichtwissen über die eigene genetische Disposition beinhaltet, abzuwägen. In Deutschland hat – unter anderen – der Nationale Ethikrat eine Stellungnahme zu prädiktiven Gesundheitsinformationen bei Einstellungsuntersuchungen abgegeben (Nationaler Ethikrat 2005) und konstatiert, dass weitgehender Konsens über den Regelungsbedarf in diesem Bereich bestehe. Eine solche Regelung ist seit Längerem in Form des geplanten Gendiagnostikgesetzes in Vorbereitung.

1.8.3 Enhancement

Biotechnologie trägt direkt oder mittelbar zur Erweiterung der Möglichkeiten bei, menschliche Fähigkeiten und Eigenschaften im Sinne einer Verbesserung (engl. „enhancement“) zu beeinflussen. Diese Option wird insbesondere auch im Rahmen der antizipierten Konvergenz von Biotechnologie, Nanotechnologie, IuK-Technologien und Neurotechnologien diskutiert (Beckert/Roloff 2005). Unter Enhancement versteht man solche Interventionen, die auf die Veränderung der Fähigkeiten und des Leistungsvermögens von Menschen über das als „normal“ empfundene Maß hinaus abzielen (Friele/Fulford 2004; Fuchs et al. 2002). Zu den durch Biotechnologie prinzipiell ermöglichten Interventionen zählen beispielsweise

- psychoaktive Substanzen, die Stimmungen, Aufmerksamkeit, Emotionen, Gedächtnis und mentale Leistungen beeinflussen (Farah et al. 2004; Wolpe 2002),
- Wachstumshormone, die Körpergröße, Muskelaufbau und körperliche Leistungsfähigkeit beeinflussen,
- Gentherapie und Gendoping,
- Interventionen auf der Basis von Zelltherapien und Ansätzen der regenerativen Medizin,
- gegebenenfalls auch Prothesen und (Neuro-)Implantate (EGE 2005; McGuire/McGee 1999).

Zwar befindet sich der Großteil dieser Optionen noch im Stadium der Forschung und Entwicklung bzw. ist weitgehend auf die Behandlung pathologischer Zustände im medizinischen Kontext beschränkt. Antizipiert man aber eine Weiterentwicklung der wissenschaftlich-technologischen Möglichkeiten, ist wohl davon auszugehen, dass eine latente Bereitschaft sowohl bei Arbeitnehmern als auch bei Arbeitgebern besteht, entsprechende biotechnische Möglichkeiten des Enhancements unter bestimmten Umständen auch zu nutzen. Im Leistungssport werden entsprechende Möglichkeiten, wie Dopingskandale immer wieder zeigen, bereits genutzt, und auch im Militär- und Spionagebereich werden mögliche Einsatzbereiche diskutiert (National Science Foundation 2002). Aber auch in „normalen“ beruflichen Tätigkeitsfeldern könnten solche Interventionen als geeignete Option wahrgenommen werden, um beruflichen Belastungen überhaupt oder besser gewachsen zu sein, sich beispielsweise in Prüfungen oder Auswahlverfahren einen Vorteil zu verschaffen oder um sozioökonomische Benachteiligungen „auszugleichen“ (Fuchs et al. 2002).

Die Möglichkeiten des Enhancements durch Biotechnologie in der Arbeitswelt sind, da sie sich überwiegend noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium befinden, bislang noch nicht diskutiert worden. Hier könnte jedoch ein Monitoring der Entwicklung angezeigt sein, um rechtzeitig Aufklärungs-, Präventions- und Kontrollmaßnahmen implementieren zu können und gegebenenfalls auch Verbote auszusprechen. Hierbei könnte man im betrieblichen Umfeld wahrscheinlich an Akteure, Organisationen und Strukturen anknüpfen, die bereits jetzt auf dem Gebiet der Suchtprävention und des Alkohol- und Drogenmissbrauchs engagiert sind.

1.9 Veränderte Produktionsweisen

Biotechnologie birgt das Potenzial, Produktionsweisen zu verändern, indem etablierte Verfahren durch biotechnische Verfahren ergänzt und teilweise sogar substituiert werden. Ein Bereich, in dem dieser Prozess schon vergleichsweise weit fortgeschritten ist, ist die Pharmazeutische Industrie. Chemische Wirkstoffe werden zunehmend durch biologische Wirkstoffe ergänzt und ersetzt: So haben beispielsweise Biopharmazeutika nach Angaben des Europäischen Verbands der Biotechnologieunternehmen einen Anteil von 20 Prozent an den auf dem Markt befindlichen Arzneimitteln und von 50 Prozent an den in der FuE-Pipeline befindlichen Wirkstoffkandidaten. Neuartige Therapieprinzipien, die mit konventionellen Interventionen nicht möglich sind, erwartet man von der Gentherapie und der Regenerativen Medizin.

Unter dem Schlagwort einer „biobased economy“ werden biotechnische Entwicklungen zusammengefasst, die eine weitgehende Umstellung der industriellen Produktion von einer fossilen Rohstoffbasis auf Biomasse ermöglichen und unterstützen sollen. Dies betrifft vor allem die Produktion von Chemikalien und Werkstoffen (Crank et al. 2004; Patel et al. 2006) sowie von Energieträgern wie Bioethanol, Biodiesel, und Biowasserstoff, was gegenüber der aktuellen Industriestruktur eine starke Veränderung bedeuten würde, die sich jedoch über Jahrzehnte hinziehen dürfte. Hierunter fallen auch Entwicklungen, die eine Verlagerung der Wertschöpfung gegenüber dem Status-quo auf vorgelagerte Stufen der Wertschöpfungskette implizieren. Exemplarisch seien die Züchtung und der Anbau von krankheits- und schädlingsresistenten Nutzpflanzen genannt, die den Pestizidbedarf signifikant senken sollen und damit die Wertschöpfung wesentlich von der agrochemischen Industrie als Pestizidproduzent auf Saatgutunternehmen verlagern würde, oder die Züchtung ligninarmer Baumarten, die den Papierherstellungsprozess wesentlich verändern würden (Lheureux et al. 2003).

1.10 Schlussfolgerungen

Biotechnologie gilt in allen industrialisierten Ländern als eine wichtige Zukunftstechnologie und wird häufig auch als eine der „Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts“ bezeichnet. Wegen des wachsenden Reifegrades und des erwarteten Effekts auf die künftige Wettbewerbsfähigkeit der von Biotechnologie beeinflussten Wirtschaftssektoren ist Biotechnologie ein zentrales Feld der Innovationspolitik (BMBF 2001 u. 2006; European Commission 2002). Obwohl die Biotechnologie einen Reifegrad erreicht hat, bei dem sie in Teilbereichen von industriellen Produktionsprozessen eine merkliche Rolle spielt, sind ihre potenziellen Konsequenzen für die Industriearbeit bislang nur wenig untersucht worden.

In diesem Kapitel wurden Auswirkungen der Biotechnologie auf die Industriearbeit analysiert, weil dieser Technologie als Querschnittstechnologie ein großes Potenzial zur Beeinflussung einer Vielzahl von industriellen Anwendungen, Branchen und Tätigkeiten zugemessen wird. Dabei stellt die Biotechnologie unter den drei in diesem Bericht betrachteten Technologien diejenige dar, die in Bezug auf die Kommerzialisierung am weitesten fortgeschritten ist. An ihr sollten daher auch am ehesten Implikationen für die Industriearbeit deutlich werden können. Im Vergleich zu den Auswirkungen der Nanotechnologie auf die Industriearbeit (Kap. V. 2) sind zum Teil große Ähnlichkeiten zwischen den beiden Technologien zu konstatieren. Damit könnten die Erfahrungen in der Biotechnologie – bei aller Vorsicht, die man bei Analogieschlüssen walten lassen muss – zumindest teilweise als Orientierung für künftiges Handeln in der Nanotechnologie dienen: In der Biotechnologie Bewährtes könnte in angepasster Weise übernommen werden; Schwächen und

Defiziten, die in der Biotechnologie erkannt wurden, könnte in der Nanotechnologie frühzeitig Aufmerksamkeit geschenkt werden, um die Möglichkeit eines frühzeitigen, vorbeugenden oder adäquateren Handelns zu nutzen.

Bemerkenswerterweise ist zu konstatieren, dass zwischen dem der Biotechnologie zugemessenen Potenzial für industrielle Anwendungen einerseits und der bestehenden Wissensbasis über ihre Wirkungen auf Industriearbeit andererseits eine – unerwartet große – Lücke klafft: Bei den Recherchen für diesen Bericht wurde nur wenig empirisches Material gefunden, das fundierte Einschätzungen über mögliche Wirkungen auf Industriearbeit ermöglicht. Die Arbeitswissenschaft und -soziologie hat sich offenbar der Biotechnologie – wie auch der Nanotechnologie (Kap. V.2) – bislang nur punktuell zugewandt. Als mögliche Ursachen kommen das vergleichsweise frühe Entwicklungsstadium der Biotechnologie in Betracht, in dem Forschung und Entwicklung überwiegen und – gemessen am Potenzial der Technologie – erst wenige Produkte und Dienstleistungen Marktreife erlangt haben. Darüber hinaus sind derzeit nur vergleichsweise wenige Erwerbstätige von der Biotechnologie direkt tangiert: In Forschungseinrichtungen, dedizierten Biotechnologieunternehmen, innovativ biotechnologisch-aktiven Unternehmen, und Unternehmen der Anwenderbranchen sind dies etwa 260 000 direkt Beschäftigte. Darüber hinaus mögen methodische Gründe die Befassung mit dieser Thematik erschweren, da in der Biotechnologie tätige Unternehmen keine „Branche“ bilden, die eindeutig definiert und abgrenzbar und in den etablierten Statistiken abgebildet ist – entsprechende Vorstöße, auch international vergleichbare statistische Daten zu erheben, sind allerdings erfolgreich angelaufen, sodass sich dieses Problem in absehbarer Zeit nicht mehr stellen sollte.

Eine andere mögliche Ursache könnte darin liegen, dass ein Fokus der bisherigen arbeitswissenschaftlichen und -soziologischen Untersuchungen darauf lag, von etablierten Produktionsprozessen auszugehen und den dort vorzufindenden Wandel zu untersuchen. Solche Wandlungsprozesse sind in der Biotechnologie hingegen bislang nur in Teilbereichen überhaupt zu beobachten: So wurde in den letzten Jahrzehnten nur in der Pharmaindustrie das chemische Paradigma durch ein biotechnologisches ergänzt und teilweise ersetzt; und die Chemische Industrie könnte derzeit am Beginn eines solchen Paradigmenwechsels stehen. Der aktuelle „Normalfall“ in der Biotechnologie ist hingegen ein Technologieaneignungsmodell, in dem dedizierte Biotechnologieunternehmen mit einer starken Forschungs- und Entwicklungsorientierung in intensiven Kooperationen mit Forschungseinrichtungen und innovativ biotechnisch-aktiven Unternehmen produkt- und dienstleistungsrelevantes Wissen generieren. In einem solchen Modell sind die Treiber wie Marktanforderungen und Organisationsformen ganz anders ausgeprägt als in etablierten Industrien, sodass sich hier viele Fragen, die einen Untersuchungsschwerpunkt in etablierten Industrien darstellen (z. B. Gruppenarbeit, Tertiarisierung o. Ä.), in der Biotechnologie (noch) nicht in diesem Maße stellen.

Auch wenn die hier aufgeführten Argumente plausibel machen, warum die Biotechnologie bislang unter dem Aspekt des Wandels der Industriearbeit wenig untersucht worden ist, so erscheint es doch – angesichts des Schlüsselcharakters der Biotechnologie und ihres Potenzials für industrielle Anwendungen – wünschenswert, sich möglichen Wirkungen auf Arbeit schon in der Frühphase der Entwicklung zuzuwenden. Hierdurch könnten aussagekräftige umfassende Informationen über den Stand der Entwicklungen, den Stand der Auswirkungen auf Arbeit und die Perspektiven erlangt werden. So laufen beispielsweise auf europäischer Ebene derzeit beim Europäischen Zentrum für die Entwicklung der beruflichen Ausbildung (CEDEFOP) erste Aktivitäten an, künftige Qualifikationsanforderungen, die sich durch die Biotechnologie ergeben, systematisch zu untersuchen.

Die Analysen in diesem Kapitel zeigten auch, dass die häufig beschworenen „revolutionären“ Veränderungen durch die Biotechnologie nicht in dem Maße feststellbar sind. Wenn man ein Zeitfenster von mehreren Jahren in den Blick nimmt, überwiegen vielmehr inkrementelle Änderungen. Tiefgreifendere Veränderungen im Sinne eines „Umbruchs“ vollziehen sich eher in einem Wandlungsprozess über Jahrzehnte und sind damit erst in der Rückschau über mehrere Jahrzehnte deutlich feststellbar bzw. erfordern auch eine Vorschau über mehrere Jahrzehnte, die dann aber naturgemäß mit erheblicher Unsicherheit behaftet ist. Dennoch wurden in diesem Kapitel mit der „biobased economy“ oder der Verlagerung der Wertschöpfung auf frühere Stufen der Wertkette zum Beispiel in der Pflanzenzüchtung Bereiche benannt, die ein Potenzial zur Substitution etablierter Industrien und zu einem damit verbundenen Strukturwandel aufweisen. Hier besteht grundsätzlicher Bedarf, prospektive Abschätzungen von Größenordnungen, Richtungen, Zeithorizonten oder besonders betroffenen Regionen als Basis für die Identifizierung von Handlungsbedarf und Handlungsoptionen durchzuführen.

Biotechnologie in der Industriearbeit erfordert wegen der Wissensintensität und der großen Bedeutung von Forschung und Entwicklung hochqualifiziertes Personal, insbesondere entsprechend ausgebildetes akademisches Personal sowie technische Assistenz mit fachschulischer oder dualer Ausbildung. In mittelfristiger Perspektive von etwa fünf bis zehn Jahren wird sich der Personalbedarf in Biotechnologieunternehmen wegen des erwarteten Wachstums und der geäußerten Expansionsabsichten der befragten Biotechnologieunternehmen erhöhen und dabei auch qualitativ verändern. Es ist jedoch nicht davon auszugehen, dass in nennenswertem Umfang Beschäftigungseffekte für Gering- oder Nichtqualifizierte entstehen werden. Vielmehr werden sich die bereits heute bestehenden Stellenbesetzungsprobleme bei hochqualifiziertem Personal künftig verschärfen und könnten möglicherweise das Wachstum der industriellen Biotechnologie verlangsamen, sofern keine wirksamen Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Insbesondere wird Handlungsbedarf gesehen, der sich mittelfristig abzeichnenden Verknappung bei natur- und ingenieurwissenschaftlich ausgebildeten Akademikern entgegenzusteuern – eine

Forderung, die keineswegs spezifisch für die Biotechnologie erhoben wird, sie aber auch betrifft, zumal sie mit anderen Branchen um entsprechend Qualifizierte konkurrieren muss. Darüber hinaus besteht Bedarf, die – überwiegend auf eine Tätigkeit von akademisch ausgebildeten Personen in Forschung und Entwicklung und von fachschulisch ausgebildeten Kräften in traditionellen Tätigkeitsfeldern ausgerichteten – fachlichen Qualifikationen besser auf den Bedarf in den Unternehmen abzustimmen: Hier werden in stärkerem Maße branchen-, produktions-, markt- und anwendungsorientierte Fachkenntnisse und berufspraktische Erfahrungen, gepaart mit Fremdsprachenkenntnissen und „Soft Skills“ in der interdisziplinären und internationalen Teamarbeit, benötigt, als dies derzeit im Fachkräftepool vorhanden ist. Es besteht daher die Herausforderung, ein flächendeckendes Aus- und Weiterbildungsangebot zu entwickeln, das alle formalen Qualifikationsstufen abdeckt.

Inwieweit durch die Biotechnologie und insbesondere durch die Gentechnik neue gesundheitliche Gefährdungen entstehen könnten und wie sie wirksam zu begrenzen seien, wurde bereits Mitte der 1970er Jahre thematisiert und diskutiert. In den folgenden Jahrzehnten wurden entsprechende Sicherheitsmaßnahmen entwickelt, gesetzlich verbindlich vorgeschrieben und in der Praxis implementiert, sodass in der Biotechnologie ein Stand erreicht ist, der in der Nanotechnologie aktuell angestrebt wird. Allerdings zeichnen sich nunmehr in der Biotechnologie mit der Synthetischen Biologie, gegebenenfalls auch mit der Nanobiotechnologie, neue Felder ab, die ein erhöhtes Gefährdungspotenzial für die menschliche Gesundheit bergen könnten. Der Wissensstand ist aber noch nicht ausreichend, um mögliche Gefährdungen abschätzen zu können. Hier besteht also aktueller Forschungsbedarf, um die Wissensbasis für eine Risikobewertung zu legen, auf deren Grundlage dann eventuell erforderliche Präventions- und Schutzmaßnahmen entwickelt werden könnten. Entsprechende Forschungsstrategien sind in Deutschland kürzlich formuliert worden und entsprechende Forschungsprogramme angelaufen.

Von ganz anderer Qualität der Wirkungen auf die Gesundheit von Erwerbstätigen sind mögliche Anwendungen der Biotechnologie bei der Ermittlung von Krankheitsdispositionen mittels Gentests sowie bei der Erweiterung der Möglichkeiten der „Verbesserung“ menschlicher Fähigkeiten (Enhancement). Während die Gentestproblematik bereits intensiv untersucht und debattiert wurde, und Konsens herrscht, dass hier Regelungsbedarf zu den Rahmenbedingungen besteht, unter denen Gentests im Zusammenhang mit Erwerbstätigkeiten zulässig sein sollen. Die Möglichkeiten des Enhancements durch Biotechnologie in der Arbeitswelt sind, da sie sich überwiegend im Forschungs- und Entwicklungsstadium befinden, bislang noch nicht diskutiert worden. Hier könnte ein Monitoring der Entwicklung angezeigt sein.

Abschließend sei noch auf den Aspekt der Entsinnlichung bzw. Entfremdung und daraus resultierende mögliche Folgen hingewiesen, der mit Tätigkeiten in der Biotechnologie verbunden sein kann: Die Biotechnologie nutzt die Fähigkeiten von Lebewesen bzw. ihrer Bestandteile für technische Zwecke aus. Dabei werden die Lebewesen bzw. ihre Bestandteile zu Objekten, die von den dort Tätigen gegebenenfalls nicht mehr als Lebewesen wahrgenommen werden, sondern primär als Hilfsmittel und Material zur Erfüllung technischer Zwecke. Dies kann dadurch verstärkt werden, dass diese Objekte mit den menschlichen Sinnen nicht mehr wahrgenommen, sondern nur noch mittelbar durch Messwerte oder technische Geräte erfasst werden können. Dabei können Eingriffe in diese Lebewesen oder ihre Verwendungszwecke, die aus Sicht von in der Biotechnologie Tätigen rational und „normal“ erscheinen, für Außenstehende als nur schwer akzeptabel, als zu weitgehend oder unmoralisch eingestuft werden. Exemplarisch sei die gentechnische Veränderung von Tieren oder die Nutzung menschlicher Embryonen für die Gewinnung embryonaler Stammzellen genannt. Um tiefgreifenden Kontroversen vorzubeugen, besteht hier die Notwendigkeit, die ethischen, gesellschaftlichen und rechtlichen Aspekte umfassend zu erforschen und auf dieser Basis gesellschaftliche Debatten über die Wünschbarkeit und Zielsetzungen biotechnischer Eingriffe in die Integrität von Lebewesen zu führen. Darüber hinaus wäre die Integration dieser Themen in die akademische Ausbildung wünschenswert.

2. Nanotechnologie und Industriearbeit

Die Nanotechnologie gilt seit einiger Zeit als Schlüsseltechnologie, von der Anstöße zu innovativen Entwicklungen in den verschiedensten technologischen Bereichen und gesellschaftlichen Anwendungsfeldern erwartet werden (z. B. Bachmann 1998; Grupp 1993). Hiermit verbindet sich die Hoffnung auf bedeutende Umsatzpotenziale in vielen Bereichen der Wirtschaft, aber auch auf Entlastungseffekte für die Umwelt und auf positive Auswirkungen im Bereich der menschlichen Gesundheit. Angesichts der enormen Chancen der Nanotechnologie und der andererseits bestehenden Unsicherheiten über die mit ihr verbundenen Risiken hat das TAB bereits 2003 eine umfassende TA-Studie vorgelegt (TAB 2003), die sich allerdings kaum mit der Frage auseinandersetzt, wie sich die Industriearbeit durch die Nutzung der Nanotechnologie verändert. Auch die zahlreichen Studien des VDI-TZ für das BMBF haben sich dieser Frage nur punktuell gewidmet (z. B. Luther 2004; Luther et al. 2004). Relevanter für die Fragestellung dieser Studie, allerdings mit einem stark eingeschränkten Fokus, sind die Studien über die gesundheitlichen Risiken beim Umgang mit nanostrukturierten Materialien (Aitken et al. 2004; Hett 2004; Lauterwasser 2005; Luther et al. 2004) und zu Qualifikationserfordernissen in der Nanotechnologie (Abicht et al. 2005), auf deren empirischem Material die folgenden Ausführungen im Wesentlichen basieren.

2.1 Was ist Nanotechnologie?

Nanotechnologie ist ein Sammelbegriff für eine weite Palette von wissenschaftlichen Forschungsgebieten und Technologien, die sich mit der Herstellung, Untersuchung und Anwendung von Strukturen die in mindestens einer

Dimension kleiner als 100 nm sind (1 nm = 10^{-9} m) befassen.[19] Aber nicht allein die Größe der Strukturen ist entscheidend. Nanomaterialien besitzen im Vergleich zu gröber strukturierten Materialien drastisch veränderte Eigenschaften, die sowohl chemische, physikalische als auch biologische Stoffcharakteristika betreffen.

Die chemischen Materialeigenschaften hängen stark von der Anordnung und Strukturierung der elementaren Materiebausteine ab. Nanomaterialien haben in der Regel ein stark vergrößertes Verhältnis von reaktiven Oberflächenatomen zu reaktionsträgen Teilchen im Inneren und weisen deshalb eine deutlich erhöhte chemische Reaktivität auf. Parallel zu den Oberflächeneffekten beginnen bei nanostrukturierten Materialien Quanteneffekte gegenüber Festkörpereffekten zu dominieren. Physikalische Materialeigenschaften eines Festkörpers wie elektrische Leitfähigkeit, Magnetismus, Fluoreszenz, Härte oder Festigkeit ändern sich deshalb vielfach fundamental beim Übergang in den Nanokosmos.

Auch in der Biologie spielen Nanomaterialien eine entscheidende Rolle, da nahezu alle biologischen Prozesse von nanoskaligen Strukturbausteinen wie Nukleinsäuren, Proteinen etc. gesteuert werden. Ebenso basiert eine Vielzahl außergewöhnlicher Eigenschaften lebender Organismen auf der Anwendung nanotechnologischer Prinzipien.[20] Tabelle 27 gibt einen Überblick, welche Materialeigenschaften sich mithilfe der Nanostrukturierung gezielt verändern lassen.

[19] Strengere Definitionen, nach denen die Strukturgrößen wenigstens in zwei Größen unter 100 nm liegen müssen (z. B. Köhler 2001), schließen etwa den kompletten Bereich der nanoskaligen Beschichtungen aus.

[20] Ausgeschlossen sind aber alle natürlichen Vorgänge, die im Nanomaßstab ablaufen. Dazu gehört beispielsweise die biotechnologische Produktion von Enzymen mithilfe von Mikroorganismen.

Durch die Nanotechnologie ergeben sich somit neuartige Möglichkeiten des intelligenten Materialdesigns und für die Generierung neuartiger technologischer Komponenten, die den Anforderungen des jeweiligen technischen Anwendungszwecks gezielt angepasst werden können. Hierdurch bieten sich Potenziale für die Realisierung technischer Systeme mit neuartigen oder verbesserten Funktionalitäten, die kommerzielle Anwendungsoptionen in einer Vielzahl unterschiedlicher Wirtschaftszweige eröffnen.

Mittlerweile ist Nanotechnologie längst keine reine Grundlagenforschung mehr, sondern findet sich zunehmend in diversen technischen Anwendungsbereichen. Beispielsweise ermöglichen nanometerdicke Schichten in den Leseköpfen von Computerfestplatten Speicherkapazitäten im Gigabytebereich, und Titandioxid-Nanopartikel werden in Sonnenschutzcremes als UV-Filter eingesetzt. Zukünftig werden von der Nanotechnologie in vielen Bereichen tiefgreifende Auswirkungen und Innovationen erwartet, so zum Beispiel in der Informations- und Kommunikationstechnik (IuK), Energie-, Produktions- und Umwelttechnik sowie in Chemie, Medizin, Pharmazie und Kosmetik.

Vordenker der Nanotechnologie haben mittlerweile allerdings noch viel weiterreichende Visionen entwickelt, wonach die vier bisher getrennten Forschungsfelder Nano-, Bio- und Informationstechnologie sowie die Kognitionswissenschaften (NBIC) zunehmend zusammenwachsen und durch die Manipulierbarkeit elementarer Materie- und Informationseinheiten umfassende technologische Lösungen erlauben (Fleischer/Decker 2005; Roco/Bainbridge 2003).[21]

[21] Eine erste Aufarbeitung des Themas „Konvergenz der Spitzentechnologien“ erfolgte im Rahmen des TAB-Projekts „Hirnforschung“ (TAB 2007).

Tabelle 27

Beispiele für einstellbare Eigenschaften von Nanomaterialien

katalytische Eigenschaften	erhöhte katalytische Wirkung durch stark vergrößerte Oberfläche
elektrische Eigenschaften	erhöhte elektrische Leitfähigkeit von Keramiken, höherer elektrischer Widerstand von Metallen
magnetische Eigenschaften	erhöhte magnetische Koerzitivität/Remanenz
mechanische Eigenschaften	erhöhte Härte, Festigkeit von Metallen und Legierungen, verbesserte Verformbarkeit, Härte und Formbarkeit von Keramiken
optische Eigenschaften	spektrale Verschiebung von Absorptions- und Fluoreszenzeigenschaften, Steigerung der Luminiszenz von Halbleiterkristallen
sterische Eigenschaften	erhöhte Selektivität und Wirksamkeit von Membranen, Anpassung von Nanoaktivitäten für den Transport und die kontrollierte Abgabe von Fremdmolekülen
biologische Eigenschaften	erhöhte Durchlässigkeit für physiologische Barrieren, verbesserte Biokompatibilität

Quelle: Luther et al. 2004

2.2 Anwendungen der Nanotechnologie

Die Nanotechnologie berührt als typische Querschnittstechnologie nicht nur verschiedene wissenschaftlich-technische Disziplinen, sondern hat auch vielfältige Anwendungsfelder. Die Entwicklung dieser Felder bzw. der damit befassten industriellen Sektoren wird somit direkt oder indirekt durch die Entwicklungen in der Nanotechnologie beeinflusst. Im Folgenden wird deshalb zunächst ein kurzer Überblick über die wichtigsten wissenschaftlich-technischen Trends gegeben (Silberglitt et al. 2006 für eine detaillierte Prognose bis 2020).

Nanoanalytik und Metrologie

Die Nanoanalytik und die Metrologie (Wissenschaft vom Messen) liefern als Querschnittswissenschaft die analytischen Methoden und Werkzeuge für alle anderen Bereiche der Nanowissenschaften und der Nanotechnologie, weil erst sie es erlauben, Materie auf der Nanoebene in Hinblick auf ihre Dimensionen und andere Eigenschaften, wie elektrische Leitfähigkeit oder Masse, zu charakterisieren. Größere Genauigkeit bei Analytik und Metrologie unterstützt dadurch die gesamte Nanoentwicklung.

Ein ganzes Arsenal hochentwickelter, teilweise seit Langem etablierter physikalischer Verfahren und Geräte kann zur Analyse im Nanobereich eingesetzt werden. Diese werden je nach Fragestellung angepasst und/oder komplementär eingesetzt. Insbesondere in den Materialwissenschaften sind diese analytischen Verfahren teilweise seit Langem etabliert und werden jetzt auch auf die Belange anderer Bereiche der Nanotechnologie angepasst. Darüber hinaus werden die Verfahren der Analytik für Untersuchungen spezieller Fragestellungen weiterentwickelt.

Neue komplexe Analyseaufgaben entstehen in der Regel dadurch, dass neuartige Prozesse untersucht werden müssen. Insofern ist eine enge Ankopplung der Analytik und Metrologie an die anderen Bereiche der Nanotechnologie für eine erfolgreiche Entwicklung unabdingbar.

Nanomaterialien/Nanochemie

Neue oder verbesserte Materialien bilden den Kern der Nanotechnologie. Die neuartigen Eigenschaften (Reaktionsfähigkeit, Festigkeit, elektrische Leitfähigkeit) von Nanomaterialien werden dabei durch zwei Faktoren bestimmt: die in Relation zum Volumen sehr große Oberfläche sowie Quanteneffekte. Nanostrukturierte Werkstoffe können entweder „top down“ aus einem größeren Festkörper hergestellt werden, etwa bei der Erzeugung lateraler Strukturen bei der Produktion von Halbleiterchips. Sie können aber auch „bottom up“ aus einzelnen Atomen oder Molekülen aufgebaut werden.

Eines der wichtigsten Verfahren hierfür ist die Selbstorganisation von Nano- und Mikrostrukturen, bei der sich Atome und Moleküle aufgrund physischer oder chemischer Vorgänge spontan in eine durch ihre natürlichen Eigenschaften vorgegebene Ordnung bringen. Das Wachstum von Kristallen bei der Halbleiterherstellung oder die chemische Synthese von Makromolekülen sind Beispiele für die Selbstorganisation in der Nanosphäre (Eickenbusch et al. 2003; The Royal Society 2004).

Ein anderer Weg besteht darin, jedes Atom oder Molekül einzeln mithilfe von Werkzeugen wie dem Rasterkraftmikroskop zu bewegen. Obwohl diese sogenannte „positional assembly“ eine größere Kontrolle beim Aufbau von Nanostrukturen bietet, handelt es sich um ein sehr aufwendiges Verfahren, das sich (noch) nicht für industrielle Anwendungen eignet.

Nanoskalige Werkstoffe werden meist über altbekannte Verfahren hergestellt. Ihre Bandbreite reicht von anorganischen wie organischen, amorphen oder kristallinen Nanopartikeln, über Nanokolloide, -suspensionen und -emulsionen bis hin zu Kohlenstoffnanoröhren und Fullerenen.

Nanopartikel haben ein sehr breites Anwendungsspektrum, das von Kosmetika, Textilien und Farben bis zur gezielten Wirkstofffreisetzung reicht. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die aktuellen und künftigen Anwendungsbereiche von Nanopartikeln.

Gegenwärtige Anwendungen nanostrukturierter Werkstoffe umfassen ultradünne Filme, Schichten und Oberflächen, die in der Halbleitertechnik, in der Chemie und im Maschinenbau von großer Bedeutung sind. Die Herstellung und die Eigenschaften solcher nur wenige Atomlagen dicken Strukturen sind gut erforscht. Nanoskalige Oberflächenbeschichtungen haben ein breites Anwendungspotenzial bei elektronischen Bauelementen, medizinischen Implantaten und künstlicher Haut, bei Verschleiß- und Korrosionsschutzschichten, Katalysatoren und Brennstoffzellen. Zu den heute bereits gebräuchlichen Anwendungen gehören selbstreinigende, katalytische oder antibakterielle Oberflächen. Harte kratzfeste Beschichtungen werden in vielen industriellen Anwendungen genutzt, zum Beispiel für Werkzeugbeschichtungen, in der Klebe- und Drucktechnik oder als reibungsmindernde Schichten als Ersatz von Schmiermitteln.

Für viele Anwendungen sind die nanoskaligen Werkstoffkomponenten fest mit anderen Teilen verbunden oder in andere Substanzen eingebettet (beispielsweise in Kosmetika). Es gibt aber auch Anwendungen wie zum Beispiel in der Umweltsanierung, bei denen freie Nanopartikel verwendet werden. Die Fähigkeit, nanostrukturierte Materialien mit präzise einstellbaren Strukturen, Partikelgrößen sowie Eigenschaften herstellen zu können, führt dazu, dass die Vorteile dieser Materialien in einem weiten Spektrum von Branchen (beispielsweise für die Informations- und Kommunikationstechnik, den Automobilbau, die Medizintechnik oder die Baubranche) genutzt werden können.

Es ist kaum möglich, die genaue Zeitskala der Entwicklung vorherzusagen, aber man kann erwarten, dass nanostrukturierte Materialien innerhalb der kommenden Jahre die Leistungsfähigkeit einer Vielzahl von Produkten steigern wird. Dazu gehören elektronische Bauelemente und Displays, Batterien, Farben, Sensoren und Katalysatoren. Weiter in der Zukunft liegen nanoskalig konfigurierte Verbundwerkstoffe, die die bemerkenswerten mechani-

Tabelle 28

Überblick über aktuelle und künftige Anwendungsbereiche für Nanopartikel

Elektronik, Optoelektronik	Medizin, Pharmazie, Kosmetik	Energieerzeugung/-umwandlung, Katalyse
chemisch-mechanisches Polieren	antimikrobielle Agenzien	Automobilkatalysatoren
elektrisch leitfähige Beschichtungen	Biomarker	keramische Membranen
magnetische Datenspeicher	biomagnetische Separation	Brennstoffzellen
mehrschichtige keramische Kondensatoren	Drug delivery	Photokatalyse
optische Fasern	Kontrastmittel	Treibstoffe
Leuchtphosphore	Sonnenschutzmittel	kratzfeste und reibungsarme Beschichtungen
quantenoptische Geräte		Strukturkeramik
		thermische Sprühbeschichtungen
		Solarzellen

Quelle: Rittner 2002

schen und elektrischen Eigenschaften von Kohlenstoffnanoröhren nutzen. Momentan ist die Verwendung solcher Kohlenstoffnanoröhren durch die Schwierigkeiten begrenzt, diese in einheitlicher Qualität herzustellen und danach zu vereinzeln. Es sind auch schadstoffarme Treibstoffe denkbar, die auf anorganischen Nanosphären basieren, Werkzeuge aus besonders harten nanokristallinen Werkstoffen, Nanokeramiken für haltbarere und körperverträglichere Prothesen, hochtemperaturresistente Bauelemente für den Motoren- und Ofenbau sowie nanostrukturierte Membranen für die energieeffiziente Wasseraufbereitung.

Elektronik und Optoelektronik

Die Rolle der Nanotechnologie im Bereich der Elektronik wird durch die „International Technology Roadmap for Semiconductors“ (ITRS 2005) beschrieben, die die erwartete Entwicklung bis zum Jahre 2018 dokumentiert und die Entwicklungsziele der Halbleiterindustrie vorgibt. Die wichtigste Richtgröße der ITRS ist die Dimension bestimmter lateraler Strukturen in einer Speicherzelle. Dieser Richtwert liegt für 2005 bei 80 nm, wird aber nach der Vorhersage der ITRS bis 2016 auf 22 nm und bis 2020 sogar auf 14 nm sinken. Die Produktion von immer stärker integrierten Schaltkreisen erfordert aber nicht nur Fortschritte bei der Erzeugung nanoskaliger Strukturen, sondern stellt auch hohe Anforderungen an die Metrologie, die Computermodellierung neuer Materialien und anderer Nanotechnologien. Um dieses Ziel erreichen zu können, werden im Bereich der Nanoelektronik verschiedene Ansätze mit unterschiedlich langem Realisierungszeitpunkt parallel verfolgt (European Commission 2004; Hoffknecht 2003).

Dies betrifft zunächst die Lithografieverfahren: Neben der Weiterentwicklung der optischen Lithografie sollen vor allem die Extrem-Ultraviolett-Lithografie, die Röntgenlithografie und die Partikelstrahllithografie bis zur Praxisreife weiterentwickelt werden.

Daneben werden neue Logik- und Speichertechnologien entwickelt, die sich die besonderen Eigenschaften nanostrukturierter Materialien, vor allem Quanteneffekte, zu Nutzen machen. Mittel- bis langfristig erfolgversprechende Ansätze sind vor allem Einzelelektronen-Transistoren und Magnetoelektronik bzw. Spintronik. Eine vollständig molekulare Elektronik – sei es auf Basis von Kohlenstoffnanoröhren oder organischen Makromolekülen – liegt hingegen noch in weiterer Ferne (Hoffknecht 2002).

Neue, auf Nanotechnologie basierende Computerarchitekturen sind weit in der Zukunft liegende Entwicklungen. Obwohl die theoretischen Konzepte für das DNA- und Quantencomputing teilweise bereits mehr als 20 Jahre alt sind, erfordert eine technische Umsetzung noch weitere Fortschritte bei nanotechnologischen Bauelementen.

Optik und Optoelektronik gelten als eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts und werden als Photonik voraussichtlich ähnliche Bedeutung erlangen, wie die Elektronik heute. Ähnlich wie in der Elektronik bietet die Nanotechnologie in diesem Bereich Möglichkeiten zur Realisierung wichtiger Bauelemente, beispielsweise Quantenpunktlaser. Photonische Kristalle mit Strukturen im Nanometerbereich bieten langfristig sogar die Möglichkeit zur Realisierung photonischer Transistoren, die um Größenordnungen schneller schalten als herkömmliche Bauelemente (Reuscher/Holtmannspötter 2004).

Nanobiotechnologie und Nanomedizin

Die Nanobiotechnologie befasst sich mit Problemen an der Schnittstelle von Biophysik, Mikrosystemtechnik, Biotechnologie, Gentechnik und Biochemie. Vor allem ihre Anwendungen im Bereich der Medizin sind besonders vielversprechend, weil dort gesellschaftlich besonders erwünschte Problemlösungen möglich zu sein scheinen.

Zu diesen Anwendungen gehören unter anderem Array-Technologien (DNA-Chips, Labs-on-a-Chip), mit denen sich präzisere und effizientere „high-throughput screenings“ zur Identifikation/Analyse genetischer Prädispositionen für bestimmte Krankheiten durchführen lassen (Baumgartner et al. 2003; TAB 2003). Weitere potenzielle Anwendungsmöglichkeiten sind beispielsweise Systeme zur Detektion von biologischen und chemischen Kampfstoffen oder Umweltgiften.

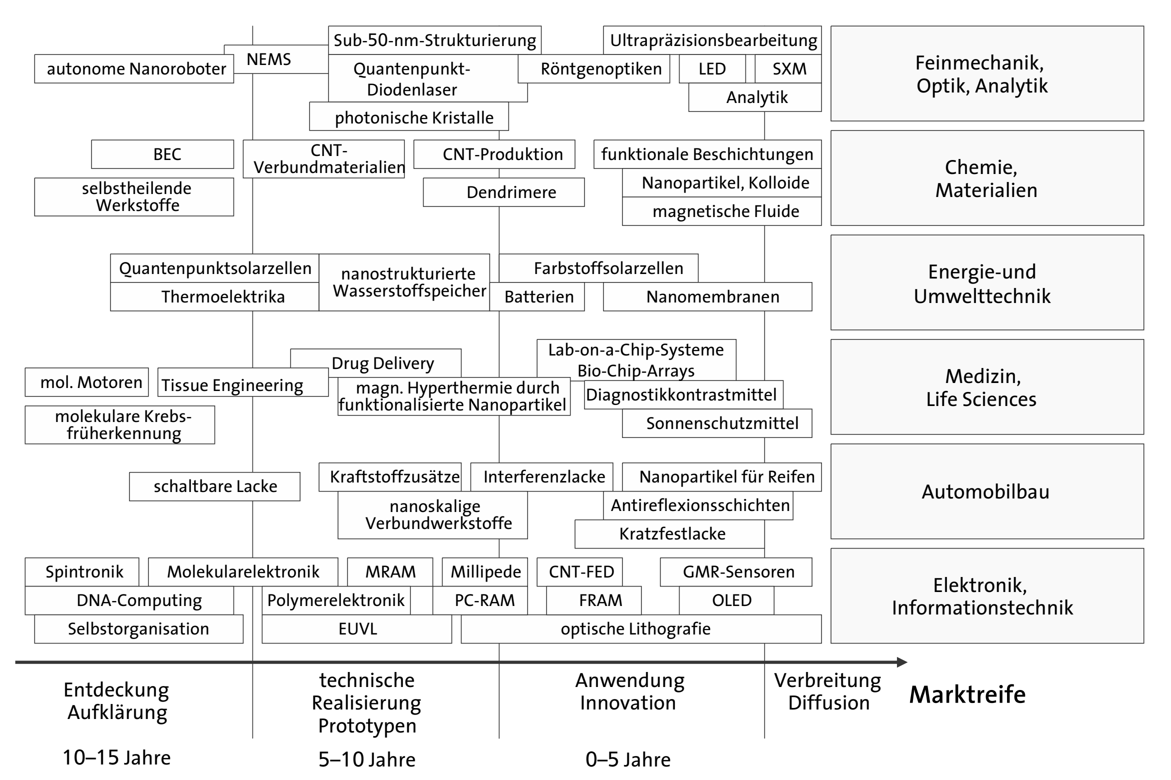
Ein weiteres Gebiet, dem enormes Potenzial zugeschrieben wird, ist die Arzneimittelverabreichung („drug delivery“) mittels Nanopartikeln. Ziel ist es dabei, Wirkstoffe in Dendrimeren oder Polymerkapseln unterzubringen. Die Nanopartikel sollen sich dann gezielt in krankem Gewebe anreichern (daher auch „drug targeting“) und dort den jeweiligen Wirkstoff kontrolliert freigeben („controlled release“). Ein vergleichbarer Ansatz ist „gene delivery“. Hierbei sollen DNA-Abschnitte mithilfe von Nanopartikeln gezielt in den Körper eingebracht werden. Dieser Ansatz soll zur Bekämpfung genetischer Defekte verwendet werden (Allen/Cullis 2004; Wagner/Zweck 2005).

Nanotechnologie macht auch die Analyse von Wirkstoff-Rezeptor-Interaktionen („drug discovery“) auf Ebene einzelner Moleküle möglich. Man erhofft sich dadurch verbesserte Möglichkeiten bei der Entwicklung von Arzneimittelwirkstoffen (The Royal Society 2004).

Momentan werden bei der Weiterentwicklung der nichtinvasiven bildgebenden Verfahren besonders die Erhöhung der räumlichen und zeitlichen Auflösung sowie die Verbesserung der Kontrastmittel angestrebt. Hier ermöglicht beispielsweise die Anbringung von Quantenpunkten oder synthetischen Chromophoren an einzelnen Molekülen (z. B. Proteine) die Untersuchung intrazellulärer Abläufe (Baumgartner et al. 2003). Die Bildgebung

Abbildung 36

Entwicklungsstand der Nanotechnologie in beispielhaften Anwendungsfeldern



Quelle: Bachmann 2005

auf molekularer Ebene macht im Idealfall die Diagnose von Krankheiten vor dem Auftreten erster Symptome möglich. Somit wäre in der Medizin eine Verlagerung von der Wiederherstellung hin zu der Erhaltung der Gesundheit denkbar (Wagner/Zweck 2005).

Aufgrund der Materialeigenschaften, die zum Beispiel nanokristalline Keramiken auszeichnen – hohe Härte, geringer Verschleiß sowie Biokompatibilität bzw. Bioverträglichkeit –, bieten sich Nanomaterialien als Werkstoffe für Implantate an, die eine hohe Lebensdauer besitzen sollen. Darüber hinaus sind aktive Implantate, wie beispielsweise Retina- oder auch Cochlear-Implantate, Herzschrittmacher sowie Medikamentendosiersysteme auf Basis nanoelektronischer Systeme, denkbar. Schließlich werden Nanomaterialien in der regenerativen Medizin bzw. beim sogenannten „Tissue Engineering“ eingesetzt. Hierbei werden künstliche Gewebe oder aber nanotechnologisch hergestellte Strukturen in den Körper implantiert, um Selbstheilungsprozesse zu unterstützen. Insbesondere werden Materialien erforscht, auf denen entweder körpereigenes Gewebe wachsen kann oder die sich andererseits mit der Zeit selbst zersetzen („biodegradable materials“) (Wagner/Zweck 2005). Die folgende Abbildung gibt exemplarisch einen Überblick über den Entwicklungsstand in ausgewählten Anwendungsfeldern der Nanotechnologie.

2.3 Auswirkungen auf die industrielle Arbeit

Betroffene industrielle Sektoren

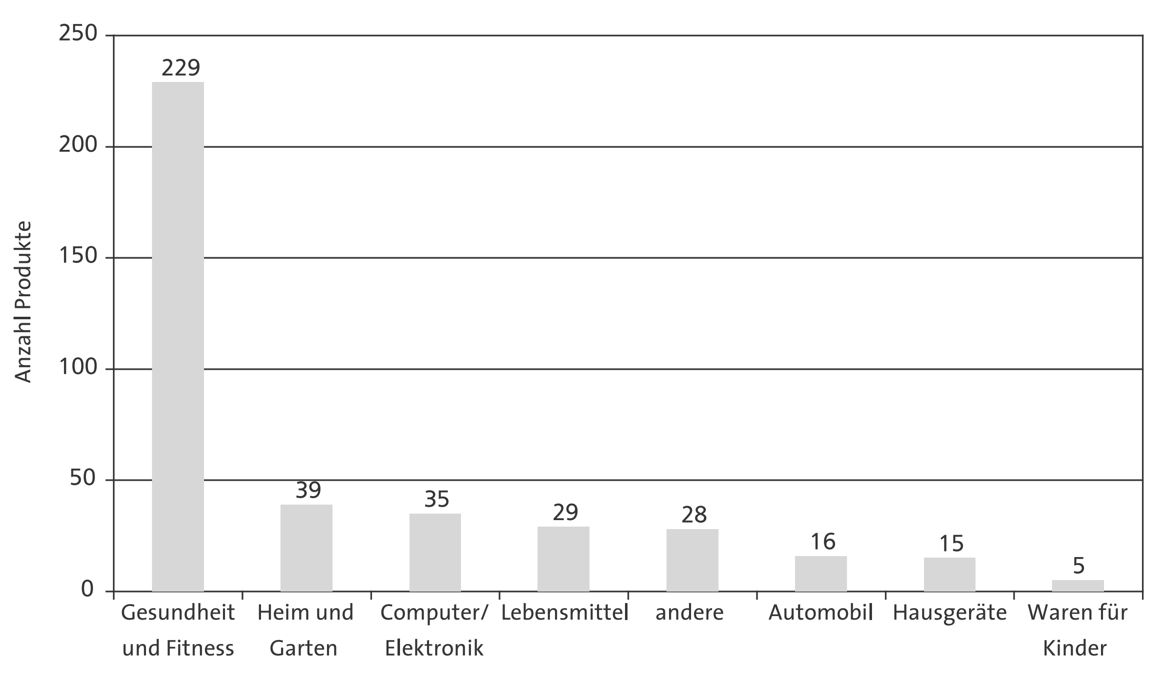
Bis jetzt stellen die verhältnismäßig wenigen industriellen Anwendungen der Nanotechnologie weniger einen revolutionären Fortschritt als eine evolutionäre Weiterentwicklung konventioneller Lösungen dar. Sie beschränken sich bei Konsumgütern auf wenige Branchen (vor allem Gesundheit/Kosmetik, Elektronik) und stellen auch dort nur einen kleinen Teil des Endprodukts dar, der allerdings für entscheidende neue Eigenschaften oder Funktionen verantwortlich ist. Die Abbildung 37 zeigt, zu welchen Produktkategorien die heute auf dem Markt angebotenen Konsumprodukte angehören, die nanotechnologisch hergestellt wurden oder Nanokomponenten verwenden.

Mittel- bis langfristig wird die Nanotechnologie allerdings für die Mehrzahl der Industriebranchen eine wichtige Rolle spielen, vorausgesetzt es gelingt, die Nanotechnologie in ihrer Breite massenproduktionstauglich zu machen. Es besteht dann berechtigte Hoffnung, dass mithilfe der Nanotechnologie langfristig eine Plattform zur flexiblen, ressourcenschonenden und kosteneffizienten Produktion geschaffen wird.

Die Abbildung 38, die auf Experteneinschätzung (u. a. von Industriebetrieben) basiert, zeigt, für welche industriellen Sektoren der Einsatz von Nanotechnologie in

Abbildung 37

Nanotechnologieprodukte nach Produktkategorien (Stand: 26. November 2006)

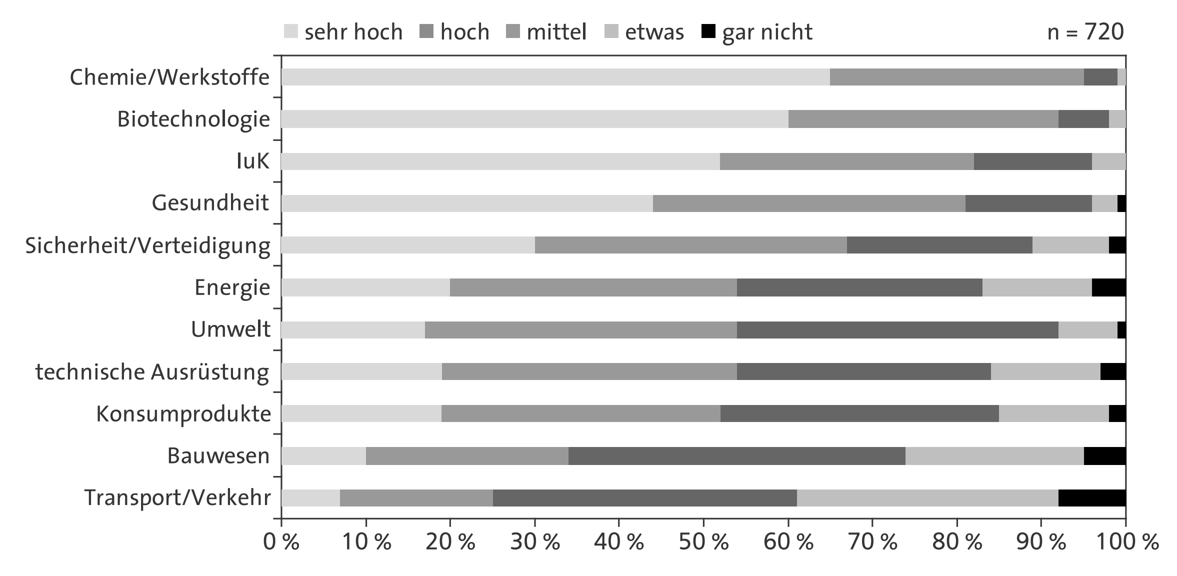


Quelle: Nanotechnology Consumer Products Inventory, Woodrow Wilson International Center for Scholars (www.nanotechproject.org)

Abbildung 38



Relevanz der Nanotechnologie für verschiedene Sektoren



Quelle: Malsch/Oud 2004

den nächsten zehn Jahren für besonders relevant gehalten wird. Sie zeigt deutlich die Breite der Nutzung und damit die große Bedeutung von Bereichen der Nanotechnologie für bestimmte Branchen, vor allem in den Sektoren Chemie, Biotechnologie, Informations- und Kommunikationstechnik sowie Gesundheit.

Der momentan wirtschaftlich bedeutsamste Teilbereich der Nanotechnologie sind Nanomaterialien. Sie haben in weiten Teilen (z. B. bei Nanopartikeln und funktionalen Beschichtungen) bereits Marktreife erlangt und sind für eine Vielzahl von Anwendungen von Nutzen. Ebenfalls bedeutsam sind Nanoelektronik/Nanooptik, auch wenn diese noch nicht den Entwicklungsstand der Nanomaterialien erreicht haben. Diese beiden Bereiche sind für praktisch alle industriellen Sektoren von Bedeutung. Darüber hinaus hat die Nanobiotechnologie und Nanomedizin eine besonders hohe Bedeutung für die Bereiche Gesundheit, Pharmazie und Kosmetik, während Nanooptik und Nanoelektronik im IuK-Bereich besonders relevant sind.

Die Anforderungen der Anwendungsfelder sowohl an die durch Nanotechnologie realisierte Funktionalität sowie die dafür benötigten Produktionsverfahren sind je nach Anwendungsfeld sehr unterschiedlich. Insgesamt werden die Sektoren Gesundheit, Pharmazie, Kosmetika und Chemie in den kommenden Jahren am umfassendsten von den Fortschritten der Nanotechnologie profitieren können.

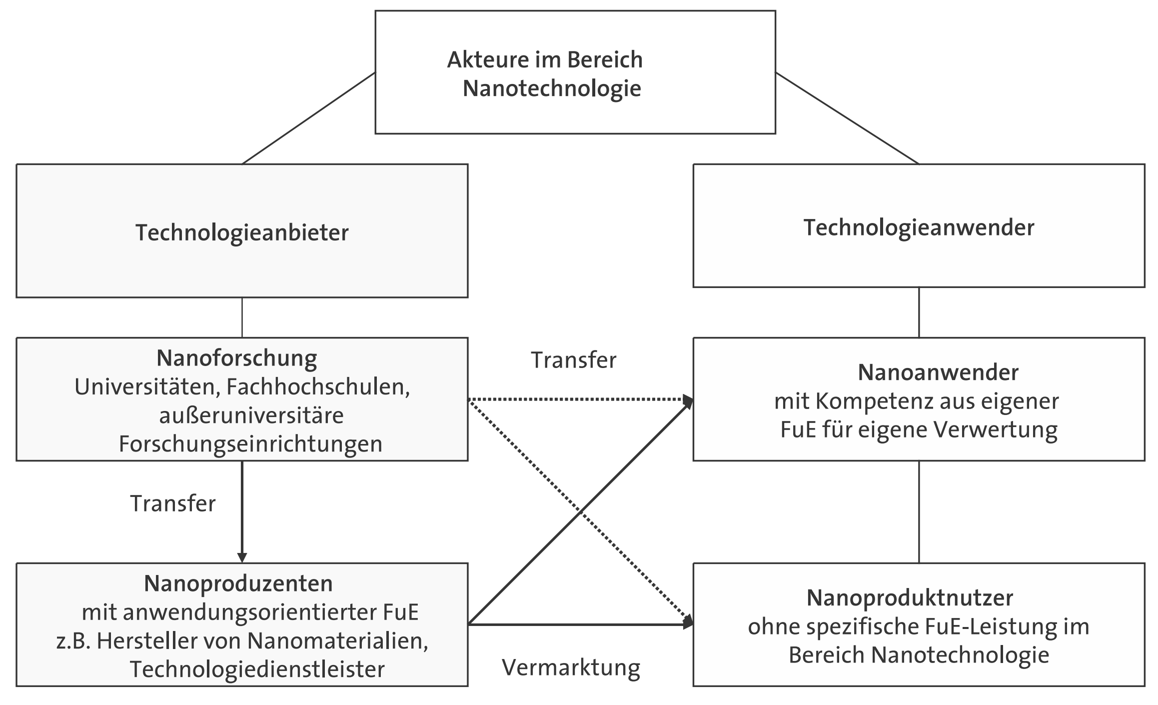
Aber auch innerhalb der betroffenen industriellen Sektoren gibt es erhebliche Unterschiede. Deshalb ist es lohnend, sich zu verdeutlichen, dass man bei den in der Nanotechnologie aktiven Organisationen Technologieanbieter und -nutzer unterscheiden muss. Die Industrieunternehmen lassen sich dabei weiter als Nanoproduzenten, Nanoanwender und Nanoproduktnutzer (Abbildung 39) charakterisieren. Von der Innovations- bzw. Technologiepolitik wird allerdings meist nur die Seite der Technologieanbieter und die Schnittstelle zwischen Forschung und Nanoproduzenten thematisiert.

Bei den Technologieanbietern dominieren neben den Forschungseinrichtungen vor allem Großunternehmen und spezialisierte KMU, bei denen es sich häufig um Start-up-Unternehmen handelt. Vor allem Großunternehmen in der Elektronik- und der Chemiebranche haben in der Regel ausreichende Ressourcen, die investitionsintensive Nanotechnologieentwicklung zur Marktreife zu bringen. Kleine Anbieter nutzen häufig die wirtschaftlichen Möglichkeiten als Anbieter maßgeschneiderter Problemlösungen. Größere KMU haben vielfach das Problem, dass die Nanotechnologie wegen ihres Grundlagen- und Querschnittscharakters außerhalb des Kerngeschäftes liegt oder als zu risikoreich gilt. Solche Unternehmen kaufen sich die notwendige Technologie verstärkt unmittelbar ein oder lassen sie im Rahmen von Public Private Partnerships entwickeln (Friedewald et al. 2006; Luther et al. 2006).

Wichtig für die Entfaltung des Potenzials der Nanotechnologie sind vor allem die Technologieanwender, die nanotechnologische Lösungen für die Verbesserung ihrer Produkte oder ihrer Herstellprozesse nutzen. Hier gibt es bislang ein Transfer- bzw. ein Vermarktungsproblem, weil nanotechnologische Lösungen häufig noch nicht die notwendige Reife (und die damit verbundenen Qualitäts- und/oder Kostenvorteile) aufweisen, aber auch weil es bei diesen Unternehmen an Kenntnissen über das Potenzial der Nanotechnologie im konkreten betrieblichen Kontext sowie an personellen und finanziellen Ressourcen fehlt (Friedewald et al. 2006).

Abbildung 39

Kategorisierung der Akteure im Bereich Nanotechnologie



Quelle: nach Lentz 2004, geändert

Generelle Charakteristika der Nanotechnologie mit Auswirkung auf die Arbeit

Die Nanotechnologie hat einige generelle Charakteristika, die direkte oder indirekte Auswirkungen auf die industrielle Arbeit in diesem Bereich haben. Dazu gehören die Wissenschaftsbindung, die hohe Entwicklungsdynamik, der Querschnittscharakter sowie die Inter- bzw. Transdisziplinarität der Nanotechnologie.

Nanotechnologie ist ein typisches Beispiel für die Wissenschaftsbindung des Innovationsgeschehens, bei dem eine intensivere Vernetzung der Technikerzeugung mit der wissenschaftlichen Forschung zu beobachten ist. Grundlagenforschung findet häufig schon mit Blick auf die Entwicklung marktfähiger Produkte statt. Wissenschaftliche Ergebnisse finden schneller und intensiver Eingang in die Konzeption neuer Produkte und damit in die Wertschöpfungsketten. Standorte, deren Unternehmen die lokale (und weltweite) Wissenschaftsbasis und Humanressourcen intensiv nutzen, haben deshalb bezüglich ihrer zukünftigen Innovationskraft strategische Vorteile (Heinze 2006; Meyer-Krahmer/Schmoch 1998).

Gleichzeitig hat die Entwicklung von Hochtechnologieprodukten in den vergangenen Jahren eine signifikante Beschleunigung erfahren; der Innovationszyklus zwischen Hervorbringung einer neuen Idee und ihrer Kommerzialisierung am Markt ist immer kürzer geworden. Dies lässt sich beispielsweise an der Zahl der jährlich angemeldeten Patente im Bereich der Nanotechnologie erkennen, die sich im Zeitraum von 1995 bis 2003 in Deutschland mehr als verzehnfacht hat (Abbildung 40). Gleichzeitig wird das Feld entscheidend durch junge, dynamisch wachsende Unternehmen geprägt (Heinze 2006; Luther et al. 2006).

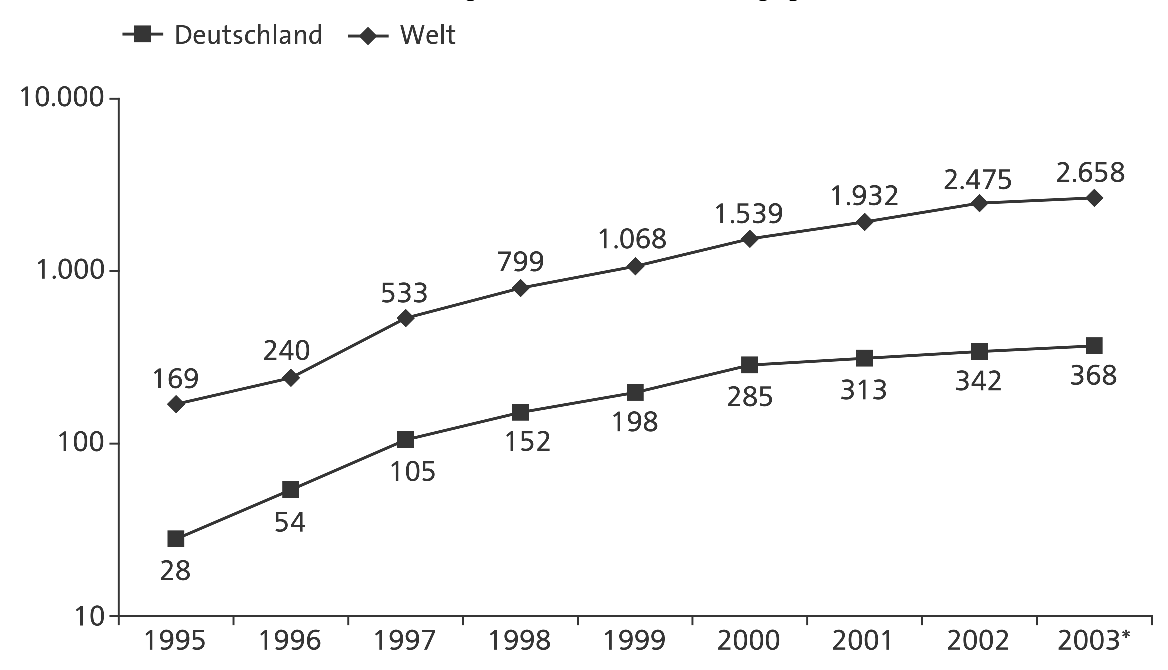
Die Nanotechnologie hat aber auch inhaltlich einen neuen Charakter. Nanotechnologie ist eine Querschnittstechnologie, an denen nahezu alle Bereiche der Naturwissenschaft und Technik ihren Beitrag leisten und die für eine Vielzahl von Anwendungsgebieten relevant ist. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, dass Biologen, Physiker, Chemiker, Materialforscher, Ingenieure und Mediziner zusammenarbeiten müssen.

Nanotechnologie ist nicht einfach eine Verkleinerung bestehender Technologien, sondern geht von anderen Wirkprinzipien und Denkmodellen aus als traditionelle Technologien einschließlich der Mikrotechnologien. Charakteristisch für diese Denkmodelle ist insbesondere die Anwendung von Quanteneffekten und Selbstorganisationsprozessen. Arbeiten im Umfeld der Nanotechnologie müssen diesen Paradigmenwechsel aufgreifen und in produktionsrelevante Formen überführen.

Dies erfordert einen Ansatz, der weit über das übliche Verständnis der interdisziplinären wissenschaftlichen Zu-

Abbildung 40

Anzahl der angemeldeten Nanotechnologiepatente



* Daten nicht vollständig
Quelle: Europäisches Patentamt, Berechnungen Fraunhofer ISI

sammenarbeit hinausgeht. Am ehesten lässt sich dieser Ansatz mit dem von Mittelstraß geprägten Begriff der Transdisziplinarität verdeutlichen – einer Form der Kooperation, deren Gegenstand thematisch zwischen den Disziplinen angesiedelt ist (Mittelstraß 2003). Der eigentliche Paradigmenwechsel liegt demnach in einer Veränderung der Betrachtungsweise und des Bewusstseins, mit dem man durch die Nanotechnologie begonnen hat, die Untersuchungsgegenstände aus einem neuen, ganzheitlichen Blick über Fächer- und Technologiegrenzen hinweg zu sehen. Die Entwicklung zur Transdisziplinarität in der Nanotechnologie ist aber weder zwangsläufig noch abgeschlossen. Schummer (2004) kommt sogar zu dem ernüchternden Ergebnis, dass bislang die überwiegende Zahl der Forscher noch arbeitet wie zuvor und die Zusammenarbeit zwischen Forschern mit verschiedenen disziplinären Hintergründen meist nur auf dem Papier steht. Die Überwindung disziplinärer Grenzen ist eines der Ziele, das mit der Einrichtung entsprechender Studien- und Ausbildungsgänge erreicht werden soll.

Neue und veränderte Tätigkeitsmerkmale

In den folgenden Tätigkeits- bzw. Arbeitsbereichen, die insbesondere Technologieanbieter (Unternehmen wie auch Forschungseinrichtungen) betreffen, zeichnen sich neue Tätigkeitsinhalte bzw. Anforderungen im Zusammenhang mit der Nanotechnologie ab. Es handelt sich dabei um die Bereiche Forschung und Entwicklung, Produktion und Qualitätssicherung, Dokumentation bzw. Wissensmanagement sowie Marketing und Vertrieb, die nachfolgend kurz skizziert werden.[22]

Forschung und Entwicklung

Forschung und Entwicklung sind wegen des weiterhin vordringlichen Bedarfs an grundlagenorientierten Arbeiten kurz- bis mittelfristig die dominierenden Tätigkeitsbereiche in der Nanotechnologie. Für diese Bereiche zeichnen sich auch am deutlichsten neue Arbeitsinhalte, -mittel und -umgebungen ab.

Techniken der Nanoanalytik sind die Grundlage aller Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten, wie sie eine effektive Charakterisierung des Nanokosmos erlauben. Wegen des interdisziplinären Charakters der Nanotechnologie gewinnen Messungen verschiedener chemischer und physikalischer Parameter durch die Kombination dementsprechender Analyseverfahren an Bedeutung. Die FuE-Beschäftigten müssen nicht nur diese aus unterschiedlichen Disziplinen stammenden Verfahren beherrschen,

[22] Die folgenden Ausführungen basieren auf der Studie von Abicht et al. (2005) zu den „Trendqualifikationen im Bereich der Nanotechnologie“.

sondern auch den Umgang mit den hochkomplexen Analyseapparaturen.

Um gezielt die Eigenschaften von Materialien gestalten zu können, spielt die nummerische Computersimulation eine immer größere Rolle. Gleichzeitig verliert das traditionelle Erfahrungswissen über einzelne Materialien an Bedeutung. Als Konsequenz dieser systematisch betriebenen produktspezifischen Forschung und Entwicklung gewinnt die intensive Zusammenarbeit mit weiteren Akteuren innerhalb und außerhalb des Unternehmens stark an Bedeutung.

Insgesamt betrachtet werden an die Beschäftigten im Bereich der nanotechnologischen Forschung und Entwicklung hohe Qualifikationsanforderungen gestellt. Beim wissenschaftlichen Personal wird erwartet, dass es im Rahmen des Studiums Grund- und Spezialkenntnisse über die Nanotechnologie erworben hat. Unternehmen berichten, dass es heute in Deutschland nicht schwierig ist, solches Personal zu gewinnen. Das Ausbildungsniveau von wissenschaftlichen FuE-Kräften wird in Deutschland (und Österreich) durchweg als hoch bewertet. Es besteht allerdings eine gewisse Skepsis, ob so hochqualifiziertes wissenschaftliches Personal auch mittelfristig in ausreichender Zahl zur Verfügung stehen wird (Luther et al. 2004; Malsch/Oud 2004).

Beschäftigte mit mittlerer Qualifikation sollten über ein fundiertes chemisches und physikalisches Grundlagenwissen verfügen und je nach Arbeitsfeld vertiefte Kenntnisse über Biologie, Elektronik und Optik aufweisen. Kenntnisse über Nanomaterialien sowie Kompetenzen bei der Durchführung unterschiedlicher Testreihen, Mess- und Analyseverfahren sind in allen Anwendungsfeldern von Bedeutung.

Ein wichtiges Tätigkeitsfeld ist die Verfahrenstechnik, deren Gegenstand die Entwicklung und (technische wie wirtschaftliche) Bewertung von Herstellverfahren ist. Für die Überführung von Labor- und Pilotanlagen in den Wirkbetrieb sowie die Optimierung der Verfahrensparameter werden vor allem Ingenieure und Verfahrenstechniker benötigt. Diese müssen ein ausreichendes Grundverständnis der Nanotechnologie bzw. eine Ankopplungskompetenz besitzen, um die Spezifika von Stoffen und Prozessen im Nanokosmos angemessen berücksichtigen zu können.

Produktion und Qualitätssicherung

Nanotechnologische Zwischenprodukte und Endprodukte werden bereits in verschiedenen Bereichen hergestellt, wie zum Beispiel Nanopartikel oder Nanooberflächenbeschichtungen. Eine Vielzahl weiterer Produkte wird mittel- bis langfristig folgen.

Insbesondere in den Bereichen Chemie/Materialien werden nanotechnologische Produkte bereits in Serie hergestellt. Beispiele hierfür sind die industrielle (Massen-) Produktion verschiedener Nanopartikel, Nanobeschichtungen, Sensormaterialien und Katalysatoren. Bei den dabei genutzten Produktionsverfahren kommt der Prozesskontrolle und Überwachung eine hohe Bedeutung zu. Die in der Produktion beschäftigen Personen müssen daher computergesteuerte Leitsysteme ebenso wie Prüf- und Analyseverfahren beherrschen.

Zum Bereich der Nanobiotechnologie gehört die Produktion von Pharmazeutika und biologischen Substanzen wie Enzyme sowie von optischen oder elektronischen Biochips, die an der Schnittstelle von Biologie und Elektrotechnik angesiedelt sind. Die Produktionsvorgänge für solche Produkte sind hochkomplex und gleichzeitig zunehmend automatisiert und umfassen auch nanoanalytische Verfahren zur Überwachung und Optimierung der Produktionsprozesse. Nanobiologische Produktionsprozesse stellen gegenüber der konventionellen Biotechnologie nochmals erhöhte Anforderungen an die Produktionsumgebung (Reinraumarbeiten).

Im Bereich der Nanooptik und Nanoelektronik findet die Fertigung zunehmend mithilfe der Ultrapräzisionstechnik statt. Zur Herstellung optischer Linsen und Spiegel oder nanoelektronisch-mechanische Systeme (NEMS) werden modernste Fräs-, Schleif- und Polierverfahren eingesetzt, mit Genauigkeiten bis in den Nanometerbereich. Auch die Lithografieverfahren für die Halbleiterproduktion stellen hohe Anforderungen an die Präzision der verwendeten Verfahren. Diese Anforderungen können nur durch hochqualifizierte Mitarbeiter und unter Nutzung einer sehr hochentwickelten Nanoanalytik gewährleistet werden.

Generell fördert Nanotechnologie den Trend, dass Produktionsprozesse an Komplexität zunehmen und zunehmend automatisiert werden, da der Zugang zu den Arbeitsobjekten nur noch vermittelt, d. h. über Displays, Mikroskope etc. möglich ist. Um eine neue Anschaulichkeit herzustellen, kommen neue computergestützte Verfahren der Simulation und Visualisierung zum Einsatz, die eine noch stärkere Informatisierung der Arbeitsprozesse nach sich ziehen. Insofern stellt dies neue und höhere Anforderungen an das Qualifikationsniveau der in der Nanoproduktion Beschäftigten.

Die zunehmende Produktion unter Reinraumbedingungen und der Umgang mit biogefährdenden und/oder toxischen Substanzen und die damit verbundene Notwendigkeit von Schutzbekleidung (Overall, Atemschutz, Handschuhe) sowie das Arbeiten unter einem speziellen künstlichen gelben Licht gehören zu den neuen Belastungen im Umfeld der Nanoproduktion.

Engverwandt mit dem Produktionsbereich ist die Qualitätssicherung, die kontinuierlich die Abmessungen und Eigenschaften der hergestellten nanostrukturierten Produkte überwachen muss. Sie gewährt die Reproduzierbarkeit und Einhaltung der Nanoprodukte und der notwendigen Prozessparameter. Weil die Nanotechnologie noch ein junges Entwicklungsfeld ist, existieren bislang kaum internationale Standards und allgemein anerkannte Mess-

verfahren. Dies bedeutet, dass die Qualitätssicherung (noch) sehr hohe Anforderungen an die Arbeitnehmer stellt und in enger Kooperation mit Forschungs und Entwicklung stattfindet.

Langfristig ist damit zu rechnen, dass sich die Grenze zwischen industrieller FuE und Produktion zunehmend verwischt. So könnte eine sehr viel stärker in die Produktfertigung integrierte Entwicklung maßgeschneiderter Nanomaterialien erhebliche Veränderungen der Arbeitsprozesse nach sich ziehen. So wären Material- und Produktentwicklung sowie die Auslegung der Fertigungsprozesse vollkommen miteinander verschmolzen, das heißt die heute vorhandene organisatorische Trennung von Produkt-, Prozess- und Materialentwicklung würde hinfällig. Die bislang nur sporadisch notwendigen Kommunikations- und Abstimmungsprozesse würden intensiviert. Forschung und Entwicklung von Materialien müssten sich sehr viel stärker auf das funktionale Design konzentrieren, das durch den massiven Einsatz nummerischer Simulationstechniken unterstützt würde. Dies bedeutet auch, dass die Arbeitskräfte in sehr viel stärkerem Maße in interdisziplinären und weniger spezialisierten Teams arbeiten müssten (FuTMaN 2003).

Der Tätigkeitsbereich Produktion und Qualitätssicherung ist wirtschaftlich von entscheidender Bedeutung, da hier vor allem die zahlreichen Arbeitsplätze für Beschäftigte mit mittlerer Qualifikation betroffen sein dürften.

Dokumentation/Wissensmanagement

Wie in vielen anderen wissensintensiven Bereichen nehmen die Dokumentation bzw. das Wissensmanagement für alle Tätigkeiten im Bereich der Nanotechnologie eine immer wichtigere Rolle ein (Fraunhofer Wissensmanagement-Community 2005). Dabei geht es vor allem darum, in dem Umfeld mit seiner dynamischen Entwicklung der Wissensbasis aber auch der Vermarktungsaktivitäten adäquat reagieren zu können.

Hauptaufgabenfeld sind dabei die Aufzeichnung, Klassifizierung und Archivierung der im Arbeitsprozess anfallenden Daten (elektronische Laborjournale, Laborinformationssysteme, etc.) sowie die Identifizierung und Nutzbarmachung externer Wissensbestände wie wissenschaftlicher Publikationen. Durch die Dokumentation werden idealerweise alle Tätigkeiten im Unternehmen unterstützt, vor allem die Forschung und Entwicklung, die Qualitätssicherung, die Anmeldung von Eigentumsrechten wie Patenten aber auch Vertrieb und Geschäftsleitung.

Im Bereich der Chemie und Pharmazie bestehen etwa im Rahmen von der EU-Chemikalienverordnung REACH[23] schon heute Vorschriften zur umfangreichen Dokumentation von Forschungsarbeiten und Produktion neuer Materialien und Wirkstoffe.

Die Dokumentation ist insgesamt gesehen ein Aufgabenfeld, das von übergreifender Bedeutung ist. In jungen Branchen bzw. Unternehmen funktioniert das Wissensmanagement zunächst über informelle Strukturen relativ effizient. Erst mit zunehmender Reife und Ausdifferenzierung erweist es sich als notwendig, diese Funktion zu formalisieren. Die Nanotechnologie hat in vielen Teilbereichen mittlerweile diese Schwelle erreicht, sodass Dokumentation und Wissensmanagement in den kommenden Jahren zu einem wichtigen neuen Tätigkeitsbereich werden. Die Erfassung von Daten, deren Sicherung, Systematisierung und Archivierung sowie deren ständige Verfügbarkeit für den fachlichen Informationsaustausch erfordert Mitarbeiter, die solide Grundkenntnisse im Bereich der Nanotechnologie besitzen, vor allem aber Verfahren des computergestützten Wissensmanagements beherrschen. Dazu gehören neben Systemen zur Berichterstattung und Prozessdokumentation (z. B. Laborinformations- und Managementsysteme) auch Datenbanken zur Recherche von einschlägigen Patenten und Publikationen sowie weiteren sektorspezifischen Datenbeständen.

Marketing und Vertrieb

Nanotechnologische Produkte und Leistungen sind sehr erklärungsintensiv und verlangen deshalb entsprechenden Aufwand bei der Vermarktung. Die Kombination von nanotechnologischem Fachwissen und kundenbezogenen und kaufmännischen Kompetenzen gewinnt deshalb einen immer größeren Stellenwert. Der Bedarf an nanospezifischen Kompetenzen bzw. Tätigkeiten ist allerdings je nach Anwendungsfeld höchst unterschiedlich.

Im Bereich Nanochemie, -materialien und -elektronik besteht beispielsweise kaum nanospezifischer Beratungsbedarf, weil Nanomaterialien und elektronische Bauelemente als Vorprodukte in die Endprodukte integriert sind und somit die Eigenschaften des Endprodukts von Interesse sind – nicht die der Einzelkomponenten. In den Bereichen Nanoanalytik, Nanobiotechnologie und Nanooptik ist dies etwas anders, weil hier besonders viele neue Produkte entstehen, die allein durch die Nanotechnologie ermöglicht werden.

Insgesamt sind Vermarktung und Vertrieb besonders in kleinen technologieorientierten Unternehmen noch sehr ausbaufähig. Die innovativen Produkte solcher Unternehmen haben oftmals noch keinen hohen Reifegrad. Für die erfolgreiche Vermarktung von Produkt- oder Verfahrensinnovationen auf dem Markt fehlen diesen oftmals Marketingstrategien. Insbesondere gegenüber Unternehmen, die reine Anwender sind, lässt sich Nanotechnologie über rein wissenschaftlich-technologische Argumente häufig nicht vermarkten. Hier müssen Marketing und Vertrieb Problemlösungspotenziale für die individuellen Bedürfnisse der potenziellen Kunden aufzeigen und einen Quali-

[23] REACH (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals) ist eine Ende 2006 verabschiedete Verordnung der EU, mit der das europäische Chemikalienrecht grundlegend reformiert wurde. Demnach müssen neue Stoffe vor ihrer Markteinführung auf etwaige Risiken für die menschliche Gesundheit und die Umwelt geprüft werden.

täts- und/oder Kostenvorteil nachweisen können. Für den Vertrieb werden demnach Personen benötigt, die neben Marketing- und Vertriebskenntnisse auch die Grundzüge der Nanotechnologie sowie die Bedürfnisse der verschiedenen Anwenderindustrien kennen müssen.

Qualifikationsanforderungen

Wegen des grundlagenorientierten Charakters werden die meisten Arbeiten mit Bezug zur Nanotechnologie derzeit von Wissenschaftlern mit Universitätsabschluss ausgeführt. Die überwiegende Zahl der Unternehmen erwartet in den kommenden Jahren einen weiter stark steigenden Bedarf an hochqualifizierten und wissenschaftlichen Kräften (Abicht et al. 2006; Luther et al. 2004). Im Zuge der Umsetzung von Forschungsergebnissen und Prototypen in marktfähige Produkte wird vor allem eine Nachfrage nach Facharbeitern mit Nanotechnologiequalifikation entstehen (Bailey 2005). VDI-TZ (Luther et al. 2004) prognostizierten etwa einen Beschäftigungszuwachs von mehreren zehntausend Arbeitsplätzen für die kommenden Jahre.

Die Untersuchung von Abicht et al. (2005) macht deutlich, dass die Nanotechnologie eine sehr viel breitere Qualifikation und damit ein insgesamt höheres Qualifikationsniveau notwendig macht. In jedem der nanotechnologischen Teilbereiche sind zunächst solide Fach- und Methodenkenntnisse der jeweiligen Kerndisziplinen erforderlich. Darüber hinaus wird aber deutlich, dass zunehmend auch Wissen und Verfahren aus benachbarten Disziplinen relevant werden. Dies drückt sich in der wachsenden Bedeutung transdisziplinärer Fachrichtungen wie Biophysik, Biochemie und Biosystemtechnik aus, die verstärkt nachgefragt werden. Schließlich benötigen Arbeitskräfte Fach- und Methodenkompetenz in solchen Bereichen, die durch die Entwicklung der Nanotechnologie neu entstanden sind. Dies wird insbesondere deutlich im Bereich der Nanoanalytik, die Verfahren zur Verfügung stellen, die in allen Bereichen der Nanotechnologie von Bedeutung sind.

Für die Produktion nanotechnologischer Erzeugnisse und die Beherrschung nanotechnologischer Produktionsverfahren werden meist spezifische Kenntnisse und Qualifikationen benötigt. Dagegen ist erkennbar, dass die Arbeitskräfte in reinen Anwenderbranchen nanotechnologischer Erzeugnisse (zunächst) meist keine spezielle Nanotechnologiequalifikation benötigen. Es ist allerdings wahrscheinlich, dass mit einer zunehmenden Durchdringung der Anwenderbranchen mit nanotechnologischen Lösungen auch neue Qualifikationsanforderungen entstehen. Dies ist beispielsweise in der Optik/Optoelektronikbranche erkennbar, wo nanostrukturierte Werkstoffe und damit verbundene Herstellverfahren die hochentwickelten konventionellen Werkstoffe und Verfahren ersetzen. Dennoch unterscheidet sich die Nanotechnologie erheblich von der Informationstechnik, die breite Qualifikationsveränderungen in praktisch allen Anwendungsfeldern zur Folge hatte. Mit der Ausweitung der nanotechnologischen Produktion ist auch mit organisatorischen Änderungen in den Unternehmen zu rechnen. Insbesondere wegen des hohen Automatisierungsgrades müssen Arbeiten in zunehmendem Maße Fachkräften mit höherer Qualifikation übertragen werden, da an- und ungelernte Arbeitskräfte nicht mehr die Anforderungen erfüllen können.

Aus- und Weiterbildungsangebote in Deutschland

Das TAB (2003) stellte in seiner TA-Studie fest, dass in verschiedenen Industrieländern über die bildungspolitischen Herausforderungen diskutiert wird, die sich aus den Fortschritten der Nanotechnologie ergeben. Wie die Qualifizierung für Tätigkeiten im Bereich Nanotechnologie konkret aussehen soll, wird von Experten allerdings zum Teil unterschiedlich beurteilt: Die Forderungen reichen von interdisziplinären Nanotechnologieschwerpunkten im Rahmen der naturwissenschaftlichen Studiengänge bis hin zu einer grundständigen Ausbildung zum Nanotechnologieingenieur. Mehr oder weniger Übereinstimmung besteht darin, dass es sinnvoll ist, zunächst ein naturwissenschaftliches oder technisches Grundstudium abzuschließen, bevor sich die Studierenden auf die Nanotechnologie konzentrieren (Malsch/Oud 2004).

Bislang gibt es in Deutschland (wie auch in vielen anderen europäischen Ländern) keine einheitlichen Standards für das Studium der Nanotechnologie. Die Definition von Angeboten liegt derzeit in der Hand der Universitäten. Eine Studie des VDI-TZ (Cebulla et al. 2006) hat ergeben, dass es momentan in Deutschland „bereits ein insgesamt umfassendes Angebot im Bereich der Universitäten und Fachhochschulen" gibt, das von einzelnen Veranstaltungen bis zu vollständigen Studiengängen reicht (Tabelle 29).

Angebote der Universitäten und Fachhochschulen für die berufliche Weiterbildung sind bisher noch kaum vorhanden. Es gibt jedoch eine wachsende Zahl von Fachhochschulen, bei denen solche Angebote geplant oder in Vorbereitung sind.

Darüber hinaus wird momentan darüber diskutiert, inwieweit die Entwicklung der Nanotechnologie im Zuschnitt von (neuen) Ausbildungsberufen ihren Niederschlag finden soll (Abicht et al. 2005; BMBF 2004, 2005).

Tabelle 29

Studiengänge zum Thema Nanotechnologie in Deutschland (Stand: Januar 2005)

Einrichtung	**Studiengang**
RWTH Aachen	Materialwissenschaften
HTW Aalen	Optoelektronik, Photonics
Universität Bayreuth	Polymer- und Kolloidchemie
Universität Bielefeld	Nanowissenschaften Nanostrukturphysik
Technische Universität Dresden	Molecular Bioengineering
Universität Erlangen-Nürnberg	Chemie- und Bioingenieurwesen
Universität Hannover	Life Science
HAWK Hildesheim/Holzminden/Göttingen	Präzisionsfertigungstechnik, Optical Engineering/Photonics
Technische Universität Ilmenau	Mikro- und Nanoelektronische Systeme
Technische Universität Kaiserslautern	Biophysik
Universität Kassel	Nanostrukturwissenschaften
Universität Marburg	Physik, Schwerpunkt Materialwissenschaften
Fachhochschule Regensburg	Mikrosystemtechnik
Universität Siegen	Maschinentechnik
Fachhochschule Südwestfalen	Bio- und Nanotechnologien
Universität Würzburg	Nanostrukturtechnik
Internationales Hochschulinstitut Zittau	Umweltbiotechnologie/Umwelttechnik

Quelle: Cebulla et al. 2006, S. 18

Arbeitsschutz

In den vergangenen Jahren hat sich die Debatte über die Risiken der Nanotechnologie vor allem darauf konzentriert, ein besseres Verständnis für die Gesundheits- und Umweltrisiken nanostrukturierter Materialien zu erlangen (Dürrenberger et al. 2004 geben einen Überblick über diese Debatte). Das TAB (2003, S. 345) etwa stellte in der TA-Studie „Nanotechnologie“ fest, dass „Mitarbeitende von Firmen, die Produkte im Nanometerbereich in der Gasphase herstellen oder als Pulver verwenden, „… potenziell gefährdet [sind], Nanopartikel und -fasern einzuatmen“.

In nahezu allen Studien wurde betont, dass es besonders wichtig sei, die Schädlichkeit von Nanomaterialien sowie die mögliche Exposition von Personen am Arbeitsplatz zu untersuchen und geeignete Maßnahmen in die Wege zu leiten (Aitken et al. 2004; The Royal Society 2004; Service 2005). Die Schlussfolgerungen sind allerdings höchst unterschiedlich. Während die Studie des TAB und des britischen Institute of Occupational Medicine vorsichtig Entwarnung geben, vergleicht die Studie der Schweizerischen Rückversicherungs-Gesellschaft das Risikopotenzial mit dem von Asbest (Hett 2004), und die kanadische Umweltorganisation ETC-Group fordert sogar ein „sofortiges Moratorium über die kommerzielle Produktion neuer Nanomaterialien“ und verweist dabei auf die mangelnde „Global Governance“ (ETC Group 2003).

Tatsächlich lassen sich die chemischen und physikalischen Eigenschaften künstlich hergestellter Nanomaterialien kaum aus den Eigenschaften des gleichen Festkörpermaterials ableiten. Es handelt sich in dieser Hinsicht um völlig neue Substanzen, die im Hinblick auf mögliche Risiken analysiert und getestet werden müssen. Die Tatsache, dass Nanomaterialien bereits heute industriell hergestellt werden und viele weitere in den kommenden Jahren hinzukommen werden, stellt den Arbeitsschutz vor neue Herausforderungen.

Nanopartikel können hauptsächlich über die Atemwege aufgenommen in den menschlichen Körper gelangen. Es ist aber auch möglich, dass Nanopartikel durch die Lungenbläschen ins Blut oder über den Riechnerv in das zentrale Nervensystem gelangen. Von Titandioxid-Nanopartikeln ist bekannt, dass sie die Haut des Menschen durchdringen können. Die Biokinetik von Nanopartikeln, also deren mögliche Bewegung innerhalb des Körpers und über Organsystemgrenzen hinweg, ist zurzeit Gegenstand der Forschung (Oberdörster 2004; Oberdörster et al. 2005; The Royal Society 2004).

Es liegt daher nahe, zunächst die Luft an Arbeitsplätzen zu betrachten, an denen Nanopartikel hergestellt und verwendet werden. Experten nehmen allerdings an, dass die Expositionswahrscheinlichkeit bei der Produktion gerin-

ger ist als bei der späteren Verwendung, weil an Arbeitsplätzen höhere Sicherheitsstandards existieren.

Um tatsächlich Schädigungen zu verursachen, müssen die Nanopartikel in ausreichender Dosis und über einen ausreichend langen Zeitraum auf den menschlichen Organismus einwirken. Heute werden Nanopartikel meist mithilfe etablierter chemischer und mechanischer Verfahren hergestellt, die – außer im Falle eines Unfalls oder eines Lecks – als weitgehend sicher gelten (Aitken et al. 2004). Das britische Institute for Occupational Medicine kommt in einer Studie zu der Einschätzung, dass es momentan lediglich vier Gruppen von Produktionsverfahren gibt, bei denen die Gefahr einer Exposition von Arbeitskräften kommen kann (physikalische und chemische Gasphasenabscheidung, Kolloidprozesse, mechanisches Mahlen). Von diesen Verfahrenstypen besitzt demnach lediglich die Gasphasenabscheidung das Potenzial, Arbeitskräfte primären Nanopartikeln auszusetzen, bei den anderen Verfahren sind sie allenfalls agglomerierten Nanopartikeln ausgesetzt (Aitken et al. 2004). Neuere Studien haben allerdings gezeigt, dass viele Nanopartikel überhaupt erst durch heftige Erschütterung auffliegen, weil sie durch Van-der-Waals-Kräfte[24] „zusammenkleben“ (Maynard et al. 2004).

Etwas entgegen der Erwartung scheinen Filtersysteme ein wirksames Mittel gegen das Einatmen von Nanopartikeln darzustellen. Durch die Kombination der Brownschen Molekularbewegung[25] und Van-der-Waals-Kräfte scheint die Effizienz von Hochleistungspartikelfiltern, sogenannter Hepa-Filter (High Efficiency Particulate Arrestor) bei Partikelgrößen von weniger als 100 nm sogar zuzunehmen (Lauterwasser 2005). Im Gegensatz zu den eigentlichen Arbeitsräumen, in denen sich Nanopartikel also gut kontrollieren lassen, ist beim Transport ein gewisses Maß an Handhabung nicht zu vermeiden. Da in den davon betroffenen Gebäuden eine umfassende Luftfilterung wirtschaftlich und/oder technisch nicht realisierbar ist, können hier Gefährdungen für Arbeitskräfte entstehen (Hett 2004).

Gegen die Exposition mit Nanopartikeln über die Haut oder die Nahrungsaufnahme scheinen existierende Verfahren wie Schutzkleidung weniger wirksam als bei konventionellen Stoffklassen zu sein. Hett (2004, S. 33) folgert, dass mit Nanopartikeln „vermutlich ähnlich umgegangen werden [muss] wie heute schon mit gewissen Bio-Organismen und radioaktiv-strahlenden Substanzen. Adäquate Schutzmaßnahmen wie eine nanotaugliche ›glovebox‹ müssen der möglichen Gefährdung entsprechend voraussichtlich noch entwickelt werden“.

Insgesamt wird in der Debatte um das Gefährdungspotenzial von Nanomaterialien noch ein erheblicher Mangel an Wissen über entscheidende Faktoren konstatiert:

– Ganz grundsätzlich ist unklar, welche Nanopartikel in welcher Größe die Gesundheit schädigen können und wie Dosis-Wirkungs-Beziehungen aussehen (Mark 2005). Es gibt jedoch Anzeichen, dass die Wirkung nicht mit der Masse, sondern mit der Oberfläche der aufgenommenen Partikel zunimmt (Aitken et al. 2004).

– Es ist unklar, welche Partikel sich ähnlich verhalten (z. B. kategorisiert nach Oberfläche, Größe, stoffliche Zusammensetzung, etc.) und ob eine Einteilung der Nanopartikel in Risikoklassen möglich ist.

– Toxikologische Daten zu Nanopartikeln liegen nur sehr vereinzelt öffentlich vor. So gibt es Hinweise auf die Bedeutung der Schwermetallaufnahme und -wirkung durch schwermetallhaltige Nanopartikel und auf Entzündungen durch Nanopartikel (Krug et al. 2004; Maynard/Kuempel 2005; Oberdörster et al. 2005). Über mögliche Interaktionen von Nanopartikeln mit Zellstrukturen wie DNA ist bislang ebenfalls wenig bekannt.

– Bisher liegen kaum Informationen vor über die tatsächlich betroffenen Arbeitsplätze und Arbeitskräfte sowie die Art, Höhe und Dauer der dort tatsächlich stattfindenden Exposition mit Nanomaterialien (Aitken et al. 2004).

– Schließlich fehlt es noch an umfassenden Messmethoden, insbesondere für die reaktive Oberfläche von Partikeln in der Luft und am Arbeitsplatz. Existierende Messethoden werden bislang wenig eingesetzt (Oberdörster et al. 2005).

Außer in Forschung, Entwicklung und Produktion sind auch Personen in anderen Tätigkeitsbereichen, wie im Transport und in der Lagerhaltung, Nanomaterialien ausgesetzt (Abbildung 41). Schwerer kontrollierbar als Herstellung und Vertrieb von Nanoprodukten ist deren Ge- und Verbrauch. Nanopartikel und -fasern können auch bei der Abnutzung der Produkte oder deren Zerkleinerung zur Entsorgung freigesetzt werden.

Zusammenfassend halten Experten die Datenlage für eine umfassende Risikoeinschätzung und -bewertung von Nanomaterialien für unzureichend (Aitken et al. 2004; Hett 2004; Lauterwasser 2005; Tran et al. 2005). Auch wenn es momentan keine konkreten Anhaltspunkte für eine besondere Gefährdung am Arbeitsplatz gibt (Aitken et al. 2004), ist weiterhin Wachsamkeit und weitere Forschung notwendig. In Deutschland haben die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), das Umweltbundesamt (UBA) sowie das Bundesinstitut für Risikobewertung entsprechend reagiert und im August 2006 eine gemeinsame Forschungsstrategie formuliert (Orthen et al. 2006).[26]

---

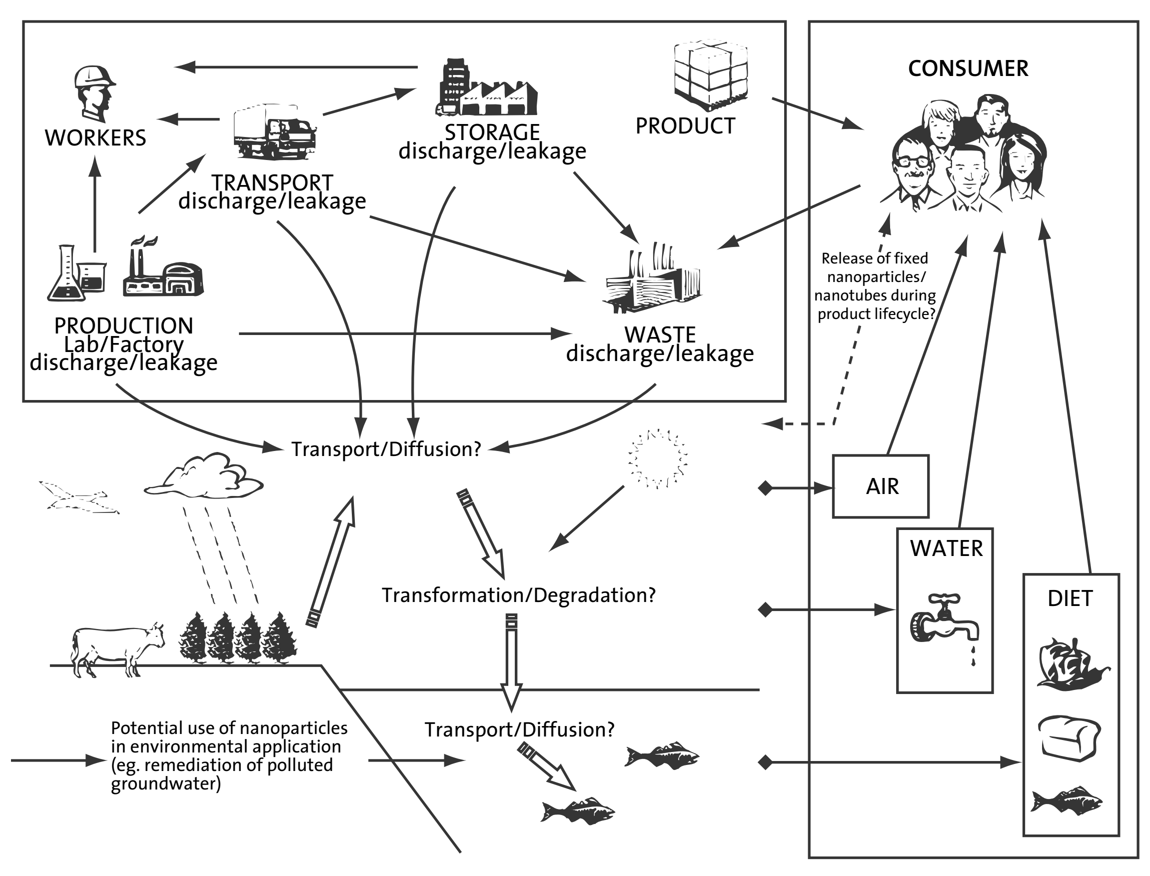
[24] Schwache elektrostatische Wechselwirkung aller Moleküle und Atome. Sie entstehen durch fluktuierende Dipolmomente der Elektronen und wirken immer anziehend.

[25] Thermisch bedingte Eigenbewegung von kleinen Partikeln oder Molekülen.

[26] An der BAuA lief bis Ende Juni 2006 ein Forschungsprojekt zur „Charakterisierung ultrafeiner Stäube für den Arbeitsschutz“ und bis Ende 2006 ein Forschungsprojekt über die „Exposition gegenüber ultrafeinen Partikeln (UFP) an Arbeitsplätzen“. Das BMUNR, das UBA und die BAuA haben im Oktober 2005 ein Projekt zur „Ermittlung und Bewertung der Umwelt- und Gesundheitsgefahren durch Nanopartikel“ initiiert. Das BfR lässt seit Anfang 2006 eine Delphi-Befragung zu Risiken nanotechnologischer Anwendungen durchführen (Arndt 2006).

Abbildung 41

Möglichkeiten der Exposition mit Nanopartikeln



Quelle: The Royal Society 2004

Sollte sich etwa erweisen, dass Nanopartikel in größerem Umfang gesundheitsschädlich sind, so könnten sich die mit Asbest gemachten Erfahrungen wiederholen, von den hohen, ursprünglich nicht absehbaren Kosten für die Entsorgung bis zum Phänomen des „Exports“ von problematischen Abfällen in Dritte-Welt-Staaten. In der Zwischenzeit kommt es auf die Information der anwendenden Betriebe und Beschäftigten an, auch über die Kennzeichnung von (Zwischen-)Produkten.

Veränderte Produktionsweisen

Bereits 1959 hatte der Physik-Nobelpreisträger Richard Feynman in seinem zukunftweisenden Vortrag „There is Plenty of Room at the Bottom“ von 1959 geäußert, dass es möglich sein werde, einzelne Atome trotz der Unschärferelation von Heisenberg zu beeinflussen und zu bewegen (Feynman 1961). Seit Jahren propagieren Nanovisionäre und Futuristen wie Eric Drexler, Ralph Merkle oder Robert Freitas in diesem Sinne die Idee eines „molekularen Maschinenbaus“ (molecular engineering), bei dem nach dem Vorbild der Molekularbiologie Atome und Moleküle von „Assemblern“ oder „Nanofactories“ zu neuen Produkten zusammengesetzt werden (Drexler 2005; Freitas/Merkle 2004; Phoenix 2004).

Damit verbunden ist die Hoffnung auf eine wahre Revolution bei der Produktion von Grundstoffen, aber auch komplexerer Produkte. Wenn ein Produktionsprozess jedes einzelne Atom kontrolliert, gibt es keinen Grund mehr, Luft oder Wasser mit giftigen Abfällen zu belasten. Die Verfahren würden die Produktionskosten senken, die Nachfrage nach Kohle und Erdöl mindern und sogar eine umweltverträgliche (nano)industrielle Entwicklung der Dritten Welt ermöglichen (Drexler 2001; Fouke et al. 2000; Freitas 2006).

Im Einzelnen erwarten Drexler, Merkle und andere folgende Veränderungen:

– Die Ökonomie der Herstellung physischer Objekte würde durch die molekulare Fertigung grundlegend verändert. Sie würde dann eher den Regeln folgen, die heute schon für wissensintensive und/oder immaterielle Produkte wie Software oder Medieninhalte gelten, bei denen die tatsächlichen Herstellungskosten (etwa einer CD) gegenüber den Kosten für die Entwicklung oder für intellektuelle Eigentumsrechte marginal sind. Gleichzeitig käme es zu einer Verschiebung industrieller Arbeit von der (nun weitgehend automati-

sierten) Produktion hin zu höherwertigen Tätigkeiten in Forschung, Entwicklung, Vertrieb und Marketing.

– Darüber hinaus könnte durch den Einsatz von kleinen, sich selbst replizierenden Assemblern die Produktion von großen, zentralisierten Fabriken in kleine, flexible Produktionszentren verlagert werden, die in unmittelbarer Nähe der Konsumenten angesiedelt sind. Auf diese Weise könne eine Produktion „just in time“ und „just in place“ realisiert und die heutigen Transportströme weitgehend vermieden werden.

Jenseits der Diskussion, die über die hinter diesen Visionen stehende Ideologie entbrannt ist (s. a. Coenen 2004; TAB 2003), ist umstritten, wie realistisch die von Drexler und anderen formulierten Visionen sind, von denen diese annehmen, dass sie bis 2030 verwirklicht sein werden. So hat der Nobelpreisträger Richard Smalley den Einwand erhoben, Nanomaschinen, deren Ausmaße selbst in der Größenordnung von Molekülen sind, könnten aus grundlegenden physikalisch-chemischen Gründen keine gezielte Manipulation an Atomen und Molekülen vornehmen. Eine molekulare Produktion im Drexlerschen Sinne sei deshalb nicht vorstellbar (Baum 2003; Smalley 2001).

2.4 Schlussfolgerungen

Die Nanotechnologie befindet sich generell noch in der Übergangsphase von der Grundlagenforschung zur Anwendung. Es gibt auch keine „Nanoindustrie“ im eigentlichen Sinne, sondern zwei Typen von Unternehmen, nämlich junge Technologieunternehmen, die sich ausschließlich mit Nanotechnologie befassen, und größere Unternehmen, die die Nanotechnologie in den letzten Jahren in ihr Technologieportfolio aufgenommen haben.

Entsprechend wenig Aufmerksamkeit hat die Nanotechnologie bisher in der genuinen Arbeitsforschung erhalten. Angesichts der Schlüsselfunktion der Nanotechnologie erscheint es angeraten, künftig verstärkt der Frage nach den Auswirkungen der Nanotechnologie auf die menschliche Arbeit nachzugehen. Aus heutiger Sicht sind vor allem Herausforderungen für die Bildungs- und Forschungspolitik sowie für den Arbeitsschutz erkennbar.

Grundlagenforschung, angewandte Forschung und Entwicklung im Bereich der Nanotechnologie werden zunehmend interdisziplinär sein müssen, mit entsprechenden Folgen für Ausbildung und Nachwuchsförderung. Als Voraussetzung für einen Innovations- und Produktivitätsschub durch Nanotechnologie müssen neue Organisationsstrukturen und Ausbildungsgänge entstehen, die weniger starr an den überkommenen disziplinären Grenzen orientiert sind, sondern den multi- oder interdisziplinären Charakter der Nanotechnologie berücksichtigen. So wie bei anderen dynamischen und wissensintensiven Technologien ist es notwendig, bereits in der Ausbildung einen anwendungsorientierten Schwerpunkt zu setzen, der sich nicht nur an den Bedürfnissen der Großunternehmen, sondern auch an denen der KMU in Deutschland orientiert.

Zumindest kurzfristig erwartet die Industrie zwar keinen Engpass an gutausgebildetem wissenschaftlichem Personal, mittel- bis langfristig kann es allerdings angesichts des Wettbewerbs verschiedener Disziplinen und Industriebranchen um die besten Köpfe durchaus zu einem Mangel an in der Nanotechnologie ausgebildeten Naturwissenschaftlern und Ingenieuren kommen. Allerdings benötigen die meisten Unternehmen nicht primär ausgewiesene „Nanowissenschaftler oder -ingenieure“, sondern verstärkt breiter qualifizierte Naturwissenschaftler, Diplomingenieure und Informatiker mit Ankopplungskompetenz und gewissem Grundlagenwissen in der Nanotechnologie. Dabei herrscht mittlerweile Einigkeit, dass zunächst ein Grundstudium in einer der klassischen Disziplinen (wie z. B. Physik, Chemie oder Ingenieurwissenschaften) abzuschließen ist, bevor sich Studierende auf den Schwerpunkt Nanotechnologie konzentrieren.

Das heute existierende Angebot der Universitäten und Fachhochschulen ist zwar sehr breit, es fehlt allerdings die Vergleichbarkeit der vermittelten Inhalte bzw. der Abschlüsse, insbesondere auf europäischer Ebene. Hier gibt es noch erheblichen Gestaltungsspielraum und Koordinierungsbedarf.

Übereinstimmung besteht bei den Experten darin, dass im Rahmen der Ausbildung frühzeitig mit Wirtschaftsunternehmen zusammengearbeitet werden müsse. Für die heute ausgebildeten Akademiker ist noch die wissenschaftliche Laufbahn (in Universitäten und Forschungseinrichtungen oder in den Labors der Großunternehmen) der Standardkarrierepfad. Vor allem in reinen Anwendungsbranchen gibt es jedoch Anzeichen, dass die akademische Ausbildung im Bereich der Nanotechnologie an den konkreten Bedürfnissen, insbesondere von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) vorbeigeht. Hier gilt es sicherzustellen, dass ein effizienter und frühzeitiger Transfer von wissenschaftlichen Ergebnissen mit Produkt- bzw. Marktrelevanz sowie insbesondere auch der Austausch von Personal zwischen Wissenschaft und Industrie sichergestellt werden. Die im 6. EU-Forschungsrahmenprogramm und vom BMBF bereits initiierten Kooperationsprojekte wie auch die zukünftig angedachten Vorhaben (7. RP sowie Hightech-Strategie der Bundesregierung) zeigen, dass diese Problematik erkannt und entsprechend angegangen wird. Eine Bewertung dieser Aktivitäten zu gegebener Zeit muss dann zeigen, ob die Ziele des marktfähigen Erkenntnisgewinns sowie des interinstitutionellen Personaltransfers „über Köpfe“ mit den bisherigen Instrumenten erreicht worden sind bzw. ob gegebenenfalls eine feine Rejustierung oder eine grundlegende Neuausrichtung notwendig ist.

Besonders deutlicher und rasch anzugehender Nachholbedarf besteht derzeit noch bei den mittleren Qualifikationen, also insbesondere den Facharbeitern und Technikern in den Industriebetrieben. Hier erscheint es nicht ausreichend, den Bedarf an Wissen und Fertigkeiten im Bereich der Nanotechnologie allein durch – ebenfalls noch neu zu schaffende – betriebliche Ausbildungsgänge zu decken. Vielmehr sollte hier angeregt werden, dass Verbände und Kammern Möglichkeiten zur beruflichen Weiterbildung von Facharbeitern im Bereich der Nanotechnologie schaffen.

Im Zusammenhang mit arbeitsschutzrelevanten Aspekten wird in nahezu allen Studien betont, dass es besonders wichtig sei, die Schädlichkeit von Nanomaterialien sowie die mögliche Exposition von Personen am Arbeitsplatz zu untersuchen und geeignete Maßnahmen in die Wege zu leiten. Dabei besteht europaweit noch ein erheblicher Mangel an Wissen über entscheidende Faktoren, der durch Studien zu folgenden Fragestellungen behoben werden sollte:

– Wie toxisch sind Nanopartikel unterschiedlicher – auch gutbekannter – Stoffe? Gibt es Interaktionen von Nanopartikeln mit Zellstrukturen?

– Welche Nanopartikel in welcher Größe können die Gesundheit schädigen und wie sehen Dosis-Wirkungs-Beziehungen aus?

– Welche Partikel verhalten sich ähnlich, und ist es möglich, eine Einteilung der Nanopartikel in Risikoklassen vorzunehmen?

– Welches sind die tatsächlich von einer Exposition mit Nanomaterialien betroffenen Arbeitsplätze und Arbeitskräfte, sowie Art, Höhe und Dauer der dort stattfindenden Exposition?

– Wie lassen sich umfassende, international standardisierte Messmethoden, insbesondere für die reaktive Oberfläche von Partikeln in der Luft und am Arbeitsplatz, entwickeln?

Diesen Fragestellungen haben sich die zuständigen deutschen Behörden (Umweltbundesamt, Bundesinstitut für Risikobewertung, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) seit Kurzem angenommen (Bundesregierung 2006; Orthen et al. 2006). Ihre Arbeiten sollten untereinander und mit den entsprechenden Institutionen innerhalb der EU abgestimmt und koordiniert werden. Die Ergebnisse mit Relevanz für die Industriearbeit müssten dann umgehend hinsichtlich ihrer Implikationen für die Anpassung von Arbeitsschutzbestimmungen eingeordnet werden und gegebenenfalls entsprechende Maßnahmen zur Verbesserung des betrieblichen Arbeitsschutzes in den zuständigen Gremien diskutiert und verabschiedet werden.

3. Ambient Intelligence und Industriearbeit

Mit der technischen Vision von Ambient Intelligence (AmI) verbinden sich zahlreiche Hoffnungen auf die Erschließung neuer Effizienz- und Wachstumspotenziale. Im Mittelpunkt des auf dem Gebiet der Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK) angesiedelten Zukunftsentwurfs der „intelligenten Umgebungen“ steht die Schaffung quasi autonomer Assistenzsysteme, die sich – weitgehend im Hintergrund und ohne herkömmliche Mensch-Maschine-Schnittstellen agierend – proaktiv auf die Bedürfnisse des Nutzers einstellen und diesen selbsttätig unterstützen. Dazu wird eine umfassende drahtlose Vernetzung von Alltagsgegenständen und Umgebungen angestrebt, die mit rechnergestützten Sensoren und Aktuatoren versehen sein können. Damit wird bereits deutlich, dass die Verwirklichung von AmI die Existenz einer Vielzahl von anwendungsreifen Technologien sowie entsprechender Infrastrukturen und Standards voraussetzt. Die Mehrzahl der aktuellen AmI-Szenarien bezieht sich auf Formen der interpersonalen Kommunikation, Haushalt und Freizeit, Verkehr sowie auf den Gesundheitsbereich (Wright et al. 2008). Überlegungen zu künftigen AmI-Anwendungen mit unmittelbarem Bezug zu ökonomischen Wertschöpfungsprozessen werden gegenwärtig überwiegend für den Dienstleistungssektor und die Logistikbranche angestellt. Studien, die sich schwerpunktmäßig mit der Anwendung von AmI-Technologien im Bereich der industriellen Fertigung und Arbeit auseinandersetzen, liegen hingegen bislang nicht vor. Um vor diesem Hintergrund die potenziellen Auswirkungen von AmI auf die künftige Gestaltung industrieller Arbeit zu beleuchten, liegt der Fokus der folgenden Ausführungen insbesondere auf jenen Technologien, die bereits heute in der Industrie zum Einsatz kommen und zugleich als Wegbereiter (sogenannte enabling technologies) von AmI gelten. Dazu zählen in erster Linie Anwendungen, die auf Radio Frequency Identification (RFID) basieren.

Nach einer Kurzdarstellung der technischen Voraussetzungen von AmI werden die wichtigsten Wandlungstendenzen in der industriellen Produktion skizziert, um auf dieser Grundlage die zentralen Antriebsfaktoren für Prozess- und Technikinnovationen herauszuarbeiten, bei denen AmI eine wichtige Rolle spielen kann. Zur besseren Veranschaulichung der Einsatzmöglichkeiten werden die Ausführungen an einigen Stellen um konkrete Anwendungsbeispiele aus der Industrie ergänzt. Entlang der Beschreibungsdimensionen der industriellen Arbeitswelt werden abschließend die potenziellen Auswirkungen von AmI auf die Industriearbeit und die Chancen und Risiken der Technologie diskutiert.

3.1 Ambient Intelligence – Vision und Begriffe

In ihrem Kern zielt die Vision von „Ambient Intelligence“ auf eine umfassende technische Unterstützung des Nutzers. Man stellt sich dabei vor, dass AmI-Technologien den Menschen mittels intuitiver Schnittstellen unterstützen, wobei die Technik selbst im Hintergrund tätig wird und damit weitgehend unmerklich ihre Funktionen ausführt. So sollen entsprechend ausgestattete Umgebungen automatisch die Anwesenheit von unterschiedlichen Personen feststellen können, um auf deren individuelle Präferenzen und Bedürfnisse zu reagieren. Alltagsgegenstände werden zu aktiven, kommunikations- und reaktionsfähigen Subjekten, die sich sensibel auf den Menschen einstellen und somit zur Erhöhung seiner Lebensqualität beitragen (Aarts/Marzano 2003). Auf lange Sicht soll AmI sämtliche Lebensbereiche durchdringen: Der mit AmI ausgestattete private Wohnbereich steigert Komfort und erhöht die Energieeffizienz; „intelligente“ Fahrzeuge machen Verkehrswege sicherer; lernfähige persönliche Assistenzsysteme steigern die Arbeitsproduktivität im Büro; und im medizinischen Bereich überwachen Sensoren und Implantate den Gesundheitszustand des Nutzers (Mattern 2005, S. 41).

Die umfassende Durchdringung der dinglichen Welt mit Informations- und Kommunikationstechnologien wird mit einer Vielzahl an Begrifflichkeiten und Konzepten umschrieben, die jeweils durch spezifische Akzentuierungen, Reichweiten und Entstehungszusammenhänge charakterisiert sind. Zu den gebräuchlichsten Begriffen, die häufig synonym und uneinheitlich verwandt werden, zählen neben Ambient Intelligence:

– Ubiquitous Computing: Bereits Anfang der 1990er Jahre prägte Mark Weiser, seinerzeit leitender Wissenschaftler am Xerox-Forschungszentrum in Palo Alto, den Begriff „Ubiquitous Computing“. In einem wegweisenden Artikel beschreibt Weiser eine künftige Ära, in der Computer in Alltagsgegenständen und Umgebungen integriert und durch drahtlose Kommunikationsnetze verbunden sein werden. Computerkapazitäten würden allgegenwärtig sein und zugleich in den Hintergrund treten (Weiser 1991).

– Pervasive Computing: Während Weisers humanzentrierte Technikvision erst auf lange Sicht realisierbar ist, zielt der insbesondere von der Industrie geprägte Begriff des „Pervasive Computing“ (Hansman 2003) auf die kurz- und mittelfristige Umsetzung der Idee der allgegenwärtigen Informationsverarbeitung im Bereich von E-Commerce und auf mobiler Kommunikation beruhenden Geschäftsmodelle ab.

– Das Internet der Dinge: Zu den jüngeren Begriffen zählt „Das Internet der Dinge“. Mit der bewussten Verwendung der Internetanalogie soll auf die Ausweitung existierender Informationsnetzwerke in die physische Welt verwiesen werden. Indem Objekte und mobile Geräte drahtlos vernetzt und mit bestehenden Netzwerken verbunden werden, entsteht sukzessive ein um die dingliche Dimension erweitertes Internet (Fraunhofer-Gesellschaft 2005, S. 4 ff.; ITU 2005, S. 5).

– Weitere Bezeichnungen für die Informatisierung und Vernetzung der physischen Welt lauten „Sensor Networks“, „Disappearing Computing“ oder „Ubiquitous Networks“.

Trotz aller Differenzen im Detail weisen die unterschiedlichen Begrifflichkeiten mehr Gemeinsamkeiten als Unterschiede auf (Mattern 2005, S. 41). In Europa hat sich in den letzten Jahren der Begriff „Ambient Intelligence“ verstärkt etabliert. Das Konzept wurde ursprünglich von Emile Aarts, wissenschaftlicher Leiter von Philips Research, geprägt und fand über die „IST Advisory Group“ (ISTAG) Eingang in die europäische Forschungspolitik. AmI stimmt weitgehend mit Weisers Vision des „Ubiquitous Computing“ überein, betont jedoch etwas stärker die nutzerzentrierte Anwendung (Punie 2005).

3.2 Technische Grundlagen

Die Verwirklichung der AmI-Vision setzt aus technischer Warte zahlreiche Innovations- und Konvergenzprozesse voraus. Erforderlich sind insbesondere weitere Entwicklungsfortschritte in den Bereichen Miniaturisierung bei gleichzeitiger Leistungssteigerung der Prozessoren, Speicher- und Datenverarbeitungskapazitäten, Energieverwaltung und -ausbeute, Sensortechnik sowie bei den Fähigkeiten zur nahtlosen Vernetzung mit unterschiedlichen Netzwerken. Erheblicher Forschungsbedarf besteht ferner mit Blick auf die angestrebten neuartigen Mensch-Maschine-Schnittstellen, die beispielsweise auf Sprach-, Mimik- und Gestenerkennung basieren oder den Gefühlszustand des Nutzers zur Grundlage haben sollen. Auch gilt es, die Entwicklung „intelligenter“ Software voranzutreiben, damit die mit entsprechenden Rechen- und Kommunikationskapazitäten ausgestatteten Geräte und Gegenstände reaktions- und lernfähig werden.

Parallel zu den technischen Fortschritten sind angesichts der Komplexität von AmI-Systemen umfangreiche Standardisierungen erforderlich. Ohne einheitliche Protokolle für den Datenaustausch und ein hohes Maß an Kompatibilität der vielfältigen Netzwerke und (halb)autonomen Softwareagenten ist eine der wesentlichen Funktionalitäten von AmI – nämlich die nahtlose Ad-hoc-Vernetzung ohne umständliche manuelle Konfiguration – nicht erreichbar.

Für die Anwendung von RFID sind bereits wichtige Standardisierungslösungen erarbeitet worden. So wird der Electronic Product Code (EPC) auf RFID-tags (Funketiketten auf der Basis von Radio Frequency Identification) zunehmend die verbreiteten EAN-Codes der Barcodesysteme ersetzen. EPC ist ein globales Nummernschema, auf dessen Grundlage entsprechend ausgestattete Objekte weltweit eindeutig identifiziert werden können. Der Nummernstandard wird von der internationalen Organisation EPCglobal verwaltet (BITKOM 2005, S. 15). Mit der fortschreitenden Anwendungsreife von AmI werden nicht nur weitere Standardisierungsfragen, etwa über Funkstandards und Frequenzbereiche, zu beantworten sein, sondern auch hinsichtlich des Aufbaus der erforderlichen unterstützenden Infrastrukturen.

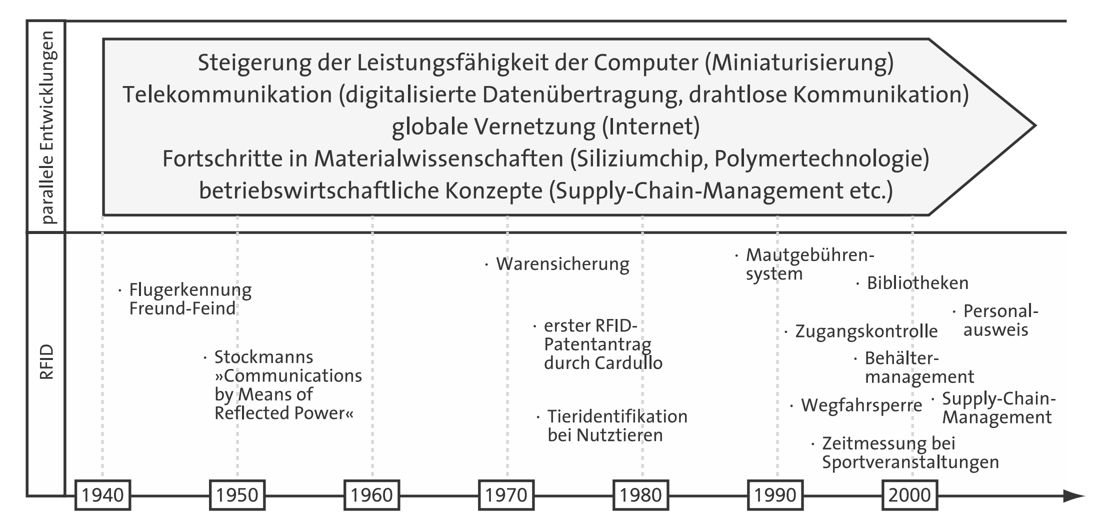
RFID – Wegbereiter von Ambient Intelligence mit hoher Anwendungsreife

Als eine der wichtigsten enabling technologies von AmI – insbesondere mit Blick auf Automatisierung und Optimierung wirtschaftlicher Prozesse – gilt die RFID-Technologie, mit der sich Objekte drahtlos und ohne Sichtverbindung identifizieren und vernetzen lassen. Einfache RFID-Systeme werden bereits heute in vielen Branchen und Anwendungsfeldern, in manchen Bereichen – etwa in der militärischen Luftfahrt oder bei der Tieridentifikation – sogar seit Jahrzehnten eingesetzt. Einige der wichtigsten Wegmarken, die die RFID-Technologie seit ihrer Erfindung in den 1940er Jahren durchlaufen hat, werden in Abbildung 42 aufgezeigt.

Die RFID-Technologie hat sich inzwischen in einer beeindruckenden Palette unterschiedlicher Anwendungsgebiete einen Platz erobert. Entsprechend ihrem Charakter als typische Querschnittstechnologie kommt sie in einer Vielzahl von Branchen, Wirtschafts- und Lebensberei-

Abbildung 42

Meilensteine der RFID-Entwicklung und -Anwendung



Quelle: Melski 2006, S. 7

chen zum Einsatz.[27] Aus funktionaler Perspektive lässt sich die Vielfalt der Einsatzmöglichkeiten nach folgenden Anwendungsclustern kategorisieren (nach BSI 2005, S. 62):

– Kennzeichnung von Objekten (auch Tiere, Nahrungsmittel),

– Echtheitsprüfung von Dokumenten,

– Instandhaltung, Reparatur, Rückrufaktionen,

– Diebstahlsicherung, Reduktion von Verlustmengen,

– Zutritts- und Routenkontrollen,

– Umweltmonitoring und -sensorik,

– Supply-Chain-Management: Automatisierung, Steuerung und Prozessoptimierung.

Für den Untersuchungsfokus „industrielle Arbeit“ sind insbesondere die Anwendungsbereiche Objekterkennung, Instandhaltung, Sensorik und Supply-Chain-Management von Interesse. Allerdings kommen AmI-Technologien in der industriellen Produktion gegenwärtig lediglich in wenigen Teilgebieten bzw. als „Insellösungen“ zum Einsatz; zudem werden momentan verschiedene Pilotprojekte, insbesondere in der Automobilfertigung, durchgeführt.

So stellt das seit 2005 bestehende Projekt „SmartFactory^{KL}“ gegenwärtig das einzige herstellerunabhängige Demonstrationsvorhaben in Europa dar, das sich mit der Entwicklung der „intelligenten Fabrik“ befasst. Im Zentrum der Initiative steht die Verbreitung innovativer Industrieanlagentechnik in unterschiedlichen Branchen. Zum Einsatz kommen insbesondere drahtlos vernetzte Sensoren und Aktuatoren mit integrierten Rechenkapazitäten, um die „intelligente Fabrik“ flexibel, vernetzt und selbstorganisierend zu gestalten. Angesichts laufend neuer Produktionsbedingungen und vielfältiger Funktionsrollen für die Belegschaften werden individuell konfigurierbare Endgeräte angestrebt. Als zentrale Ziele der Demonstrationsfabrik werden insbesondere genannt: die Entwicklung innerbetrieblicher Ordnungssysteme, um beispielsweise eine Inventur „per Knopfdruck“ durchführen zu können. Zudem wird die Entwicklung universeller Bediensysteme angestrebt, die in Gestalt eines Standardwerkzeugs zur Konfiguration beliebiger Anlagenteile eingesetzt werden kann. Dabei sollen die Bedienoberflächen den individuellen Präferenzen der Arbeitnehmer flexibel angepasst werden können. (3) Schließlich gilt es, nahtlose Kommunikation zwischen unterschiedlichen Komponenten – etwa mittels offener Standards – zu garantieren (Pohlmann et al. 2005).

RFID zählt zu den automatischen Identifikationsverfahren (Auto-ID), wobei die Objekterkennung im Gegensatz zu anderen Auto-ID-Systemen wie Barcodes, Optical Character Recognition (ORC) oder kontaktbehaftete Chipkarten berührungslos und ohne Sichtverbindung erfolgt (Funkerkennung). Dadurch wird der Identifikations- und Ausleseprozess erheblich flexibler, da die Erfassung auch durch undurchsichtige Medien erfolgen kann und das zu identifizierende Objekt nicht unmittelbar einem Scanner zugeführt werden muss. Herzstück eines RFID-

[27] Überblicksdarstellungen zu den Anwendungsbereichen finden sich u. a. bei BSI (2005, S. 63–83), Diekmann/Hagenhoff (2006b), Finkenzeller (2002, S. 353–407), Fleisch/Mattern (2005) oder ITU (2005, S. 9–44).

Systems ist ein sogenannter Transponder[28], der aus einer Antenne sowie einem Computerchip besteht. Ein Lesegerät („reader“) sowie die Anbindung an eine Infrastruktur („middleware“) komplettieren das System. Auf dem Transponder werden Daten gespeichert, die bei Bedarf von einem „reader“ innerhalb einer jeweils spezifizierten Reichweite ausgelesen und entsprechend verarbeitet werden. Aufwendigere Ausführungen erlauben zudem die wiederholte Aktualisierung der Transponderdaten.

Die vielfältigen Typen von Transpondern lassen sich nach folgenden Hauptmerkmalen unterscheiden:

– Energieversorgung: Aktive Transponder verfügen über eine eigene Energiequelle zur Versorgung des Mikrochips und zur Erzeugung des Funksignals zur Kommunikation mit dem Lesegerät. Batterielaufzeiten und die damit verbundenen Wartungszyklen stellen einen bedeutenden Kostenfaktor dar und spielen daher bei den Investitionsentscheidungen in der Industrie eine bedeutende Rolle (Davies 2006, S: 47). Passive Transponder beziehen den Energiebedarf zur Versorgung des Mikrochips und zur Erzeugung des Rücksignals über Funkwellen, die beim Lesevorgang vom Lesegerät ausgestrahlt werden. Aus einem vom Lesegerät generierten elektromagnetischen Feld wird mittels einer Induktionsschleife Strom erzeugt.

– Reichweiten: In Abhängigkeit von der verwendeten Übertragungstechnik, dem Frequenzbereich und der Art der Energieversorgung bewegen sich die möglichen Reichweiten im Bereich von wenigen Zentimetern und können unter bestimmten Bedingungen sogar bis zu einem Kilometer erreichen (BSI 2005, S. 24–30).

– Speicherkapazität: Grundsätzlich ist zwischen Funketiketten, die einmal beschrieben und danach nur noch ausgelesen werden können („read only“), und mehrfach beschreibbaren Transpondern („read write“) zu unterscheiden. „Read-only tags“, die in einem reinen Scannerbetrieb eingesetzt werden, sind in der Regel mit einem Nummerncode (z. B. einem standardisierten elektronischen Produktcode wie dem EPC) versehen, der eine eindeutige Objektidentifizierung erlaubt. Je nach Speicherkapazität können darüber hinaus weitere Informationen – etwa über die Eigenschaften des Objekts – erfasst werden (Want 2006, S. 30 f.).

– Umweltbedingungen: Im Vergleich zu den in der Fertigung weitverbreiteten Barcodes weisen RFID-tags eine deutlich höhere Widerstandsfähigkeit und Robustheit gegenüber extremen Temperaturen, Einwirkungen von Feuchtigkeit, flüssigen Substanzen und Verschmutzung auf. So testet seit 2005 ein großer europäischer Fahrzeughersteller in einem Pilotprojekt den Einsatz passiver RFID in der Lackierstraße. Zuvor mussten in diesem Fertigungsabschnitt zahlreiche manuelle Arbeiten – beispielsweise das Scannen des Barcodes am Fahrgestell an jeder Arbeitsstation per Hand – ausgeführt werden, die die Arbeitsprozesse verlangsamten. Die Umstellung auf RFID setzte allerdings voraus, dass das Funketikett am Montageträger statt an der Karosserie angebracht wird und die „tags“ Temperaturen von 600 °Celsius aushalten. Als neue Funktionalität wurde zudem ein Datenabgleich mit dem internen Produktionssteuerungssystem eingeführt, um die Materialflüsse fortwährend abbilden zu können (Alexander 2006, S. 36).

– Pulkerfassung: RFID-Technologie ermöglicht die simultane Erfassung einer großen Anzahl von Objekten, die sich beispielsweise in einem Transportbehälter oder auf einer Palette befinden. So können mit bestimmten RFID-Lösungen bis zu 500 Funketiketten pro Sekunde ausgelesen werden (Want 2006, S. 30).

– Rechenleistung: Komplexere RFID-Systeme beschränken sich nicht auf einfache Identifikationsverfahren, sondern verfügen über eigene – momentan noch vergleichsweise begrenzte – Datenverarbeitungskapazitäten. Werden derartige Systeme zudem mit Sensoren (und Aktuatoren) kombiniert, um bestimmte Umweltbedingungen zu registrieren, können Transponder selbsttätig auf definierte Ereignisse und Veränderungen reagieren – Gegenstände werden somit zu „intelligenten“ Objekten.

– Kosten: Die Preise für Funketiketten variieren je nach Typ und Leistungsmerkmalen erheblich. Entsprechend hohe Stückzahlen vorausgesetzt, kosten passive Read-Only-Funketiketten mit geringer Speicherkapazität gegenwärtig zwischen 0,10 und 0,50 Euro/Stück (www.rfid-journal.de). Aufgrund von Skalenerträgen werden für die kommenden Jahre deutliche Kostensenkungen prognostiziert. Neben den Ausgaben für die RFID-tags spielen bei den Entscheidungen, ob ein funkbasiertes Auto-ID-System in einem Unternehmen eingeführt werden soll, insbesondere die Investitionsausgaben für die Lese-(Schreib-)Infrastruktur sowie die betrieblichen Einführungs- und Integrationskosten eine wesentliche Rolle (BSI 2005, S. 78; Davies 2006).

3.3 Wandlungstendenzen im Industriesektor und Anwendungspotenziale von AmI-Technologien

Die wichtigsten nichttechnischen Veränderungsprozesse, die sich auf die industrielle Fertigung in hochentwickelten Industrieländern auswirken, wurden bereits ausführlich in den Kapiteln III und IV dargestellt. Für die industriellen Planungs- und Steuerungsaufgaben ergeben sich aus diesen veränderten Bedingungen im Wesentlichen vier interdependente Ansatzpunkte, die sich zur strategischen Anpassung an die gewandelten Bedingungen mittels organisatorisch-technischer Lösungen eignen. In allen vier Bereichen können AmI-Technologien erheblich zur Umsetzung beitragen, in manchen Fällen stellen sie sogar die technisch notwendige Voraussetzung für die Adaptionsprozesse dar:

[28] Kunstwort aus „transmitter“ und „responder“. Andere Begriffe lauten „RFID-tag“, „smart label“ oder Funketikett, wobei letztere in der Regel auf RFID-Typen rekurrieren, die nur ausgelesen, nicht aber erneut beschrieben werden können.

Horizontale und vertikale Integration von Wertschöpfungsstufen

Eine intensivierte horizontale und vertikale Integration verschiedener Wertschöpfungsstufen soll dazu beitragen, bei Marktveränderungen Reaktionszeiten zu verkürzen und Reaktionsradien zu vergrößern. Innerbetrieblich gilt es, organisatorisch weitgehend getrennte Funktionsbereiche (Entwicklung, Planung, Beschaffung, Fertigung, Absatz etc.) besser miteinander zu verzahnen. Unternehmensübergreifend geht es um die engere Koordination der Lieferketten, die organisatorische Bewältigung von Auslagerungen zusätzlicher Fertigungselemente und Dienstleistungen sowie um den intensivierten Informationsaustausch innerhalb der Abnehmerbeziehungen.

AmI-Technologien wie RFID sind zentrale technische Elemente zur Ermöglichung einer fortschreitenden Integration unterschiedlicher, bislang suboptimal verzahnter Wertschöpfungsstufen und Produktionsphasen. Analytisch beruht das Potenzial der Technologie auf der Schließung der Lücke zwischen physischer und digitaler Welt (Fleisch et al. 2005a, S. 4; Kaspar 2006, S. 1). Ohne diese Anwendungen müssen die Informationsdefizite, die typischerweise über die Objektpräsenz in der realen Welt vorherrschen, durch manuelle Dateneingabe oder durch die Überwindung von Medienbrüchen (z. B. Barcodeerfassung) kompensiert werden. AmI ermöglicht dagegen die informationstechnische Integration der physischen in die digitale Welt (Fleisch et al. 2003, S. 11).

Zahlreiche Unternehmens- und Funktionsbereiche – Planung, Verwaltung, Vertrieb etc. – sind bereits seit geraumer Zeit nahezu vollständig informationstechnisch durchdrungen. Auch im Produktionsbereich, wo sich seit den 1980er Jahren die computerintegrierte Fertigung (CIM) teilweise durchsetzte, spielen informationstechnische Anwendungen eine herausragende Rolle. Allerdings bestehen insbesondere im Bereich der Fertigung aufgrund der vielfältigen Interaktionen zwischen Informationssystemen und der physischen Welt zahlreiche Medienbrüche (Diekmann/Hagenhoff 2006a, S. 24 f.). Durch den Einsatz von AmI bietet sich die Chance einer doppelten informationstechnischen Integration: Zum einen ist es möglich, den eigentlichen Mittelpunkt der industriellen Produktion digital zu erfassen und abzubilden. Dass in Industrieunternehmen lediglich 53 Prozent der Mitarbeiter PCs benutzen, während in Büros und Verwaltung der Durchdringungsgrad bei über 90 Prozent liegt, unterstreicht, dass im Kernbereich der industriellen Wertschöpfung noch erhebliche Informatisierungspotenziale schlummern (Automobil-Produktion 2005, S. 82).

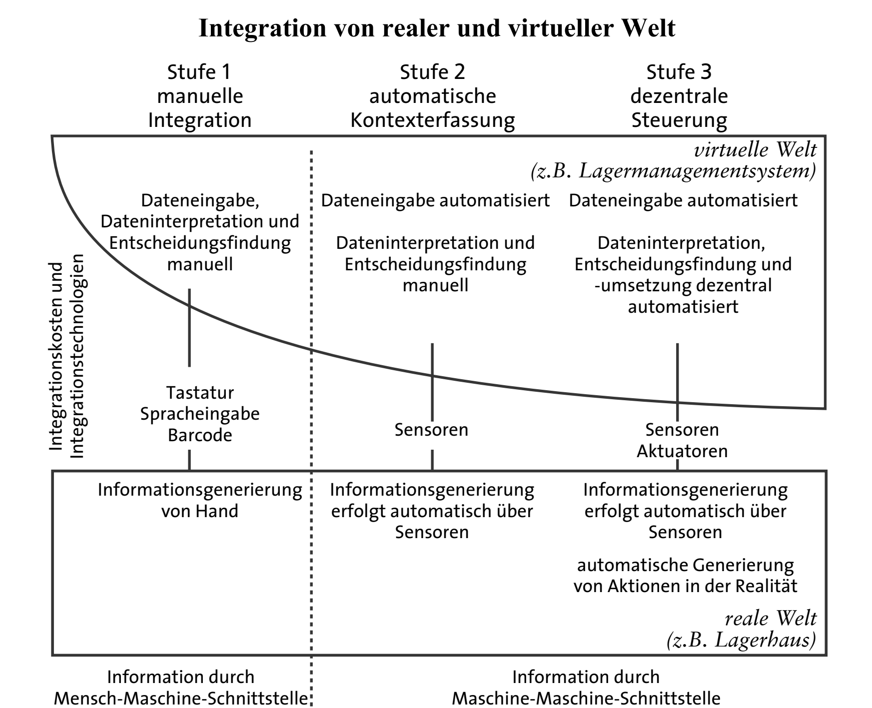
Zum anderen und damit engverbunden kann der Fertigungsbereich mit anderen betriebswirtschaftlichen Funktionseinheiten des Unternehmens besser verknüpft werden. Informationen über Materialflüsse und Fertigungsschritte, die in Echtzeit und nahezu umfassend während des Produktionsprozesses erfasst werden und somit zur Verteilungstransparenz beitragen, können bruchlos in übergeordnete Steuerungsprozesse einfließen sowie den der Produktion vor- und nachgelagerten Einheiten zur Verfügung gestellt werden (Kaspar 2006). Somit lösen sich in informationstechnischer Hinsicht die Grenzen zwischen Fertigungs- und betriebswirtschaftlichen Planungsprozessen zunehmend auf. Die innerbetrieblichen informationstechnischen Integrationsmöglichkeiten von realer und virtueller Welt werden in Abbildung 43 dargestellt.

Zu den wenigen konkreten Anwendungsbeispielen im Bereich der Produktionssteuerung zählt das RFID-Pilotprojekt eines großen Halbleiterherstellers. Die besondere Herausforderung bestand darin, eine Lösung zu entwickeln, die den Bedingungen der hochflexiblen Produktionsverfahren, dem starken Kundenfokus und der häufigen Umstellung der Produktionskonfigurationen gerecht wird. Aufgrund der Produktvielfalt – ca. 800 unterschiedliche Produkte werden im Werk hergestellt – werden die jeweils benötigten Produktionschargen manuell von den Mitarbeitern zu den Maschinen gebracht. Zwar werden alle Produktionsschritte durch ein Produktionssteuerungssystem kontrolliert, aber die Transportwege zwischen den Maschinen und die Materialflüsse waren vor der RFID-Einführung völlig intransparent. Daher entschloss man sich, ein System zur Verfolgung und Überwachung der Produktionschargen einzusetzen. Konkret wurde ein System implementiert, welches RFID-Technologie mit Ultraschall kombiniert, um trotz der Probleme mit störenden Reflektionen zielgenaue Positionsbestimmungen zu erreichen. Aufgrund der positiven Erfahrungen, wird das System künftig auch an anderen Produktionsstandorten eingeführt (Thiesse et al. 2006).

Neben der betriebs- bzw. unternehmensinternen informationstechnischen Integration durch den Einsatz von AmI-Technologien eröffnen sich desgleichen zusätzliche Potenziale zur unternehmensübergreifenden Integration (Picot/Hess 2005, S. 32). Sowohl „up-“ als auch „downstream“ kann AmI dazu beitragen, industrielle Koordinationskosten zu senken und Fertigungsprozesse zu beschleunigen bzw. flexibler zu organisieren. So können „Just-in-Time“- und „Just-in-Sequence“-Produktion auf eine größere Komponentenanzahl ausgeweitet sowie Bauteile auch über Unternehmensgrenzen hinweg, prinzipiell entlang der gesamten Wertschöpfungskette, identifiziert werden. Die erhöhte Informationsverfügbarkeit und -qualität bei sinkenden Transaktionskosten erlaubt ferner das Outsourcing der Herstellung auch sehr spezifischer Teile, die bislang aufgrund des hohen Abstimmungs- und Informationsbedarfs kaum ausgelagert werden konnten. Im Zuge der gesteigerten Informationsverfügbarkeit lassen sich solche Güter auch vermehrt über Markt- oder alternative Koordinationsmechanismen beschaffen (z. B. elektronische Börsen). Zudem können bestimmte Funktionen, wie etwa die Qualitätskontrolle von Halbfertigerzeugnissen, aufgrund der Rückverfolgbarkeit der Objekte auf die Abnehmer übertragen werden. Ferner eröffnet AmI die Möglichkeit zur Entwicklung neuer unternehmensübergreifender Dienstleistungsmodelle. So führt Strassner (2005, S. 139) aus, dass ein Automobilhersteller zusätzliche Einnahmen erzielen kann, wenn er produktbezogene Informationen, die für verschiedene Dienstleister, wie Werkstätten, Versicherungen, Zulieferer etc., einen Wert darstellen, über einen Infrastrukturanbieter vertreibt.

Abbildung 43

Integration von realer und virtueller Welt



Quelle: Fleisch/Dierkes 2003, S. 613

Damit wird der Absatz realer Produkte durch den Verkauf entsprechender Informationen ergänzt. Eine denkbare Folge der verbesserten unternehmensübergreifenden Koordinationsmöglichkeiten wäre indessen – sofern die entsprechenden strategischen Unternehmensentscheidungen getroffen werden – eine Reduktion der Fertigungstiefe von Industriebetrieben (Diekmann/Hagenhoff 2006a, S. 20 ff.; Kaspar 2006, S. 7).

Dezentralisierung von Steuerungsfunktionen

Mit einer Dezentralisierung bestimmter Steuerungsfunktionen soll erreicht werden, dass Materialflüsse und Reihenfolgenplanung zeitnah entsprechend der Erfordernisse der aktuellen Fertigungsprozesse und der Lieferprioritäten besser koordiniert und Störungen der Produktionsprozesse minimiert werden können (Diekmann/Hagenhoff 2006a, S. 27 f.; Jansen 2004).

Im Zuge der Einführung von zunehmend komplexeren, nichtlinearen und „chaotischen“ Fertigungskonzepten erweisen sich Modelle, die in einem dynamischen Umfeld ausschließlich auf zentrale Steuerung setzen, nur bedingt als geeignet (Beckenbauer et al. 2004). Da AmI-Technologien wie RFID eine dezentrale Datenhaltung ermöglichen, lassen sich bestimmte fertigungsnahe Koordinationsaufgaben dezentralisieren. Durch die objektbezogene Datenhaltung können Teile und/oder Material nicht nur von den jeweiligen Fertigungsstationen automatisch identifiziert werden, sondern gegebenenfalls auch die erforderlichen Produktionsanweisungen direkt von den Transpondern beziehen; eine Datenübertragung von zentralen Servern für jeden einzelnen Fertigungsschritt ist somit nicht mehr erforderlich.

In der betrieblichen Praxis werden RFID derzeit überwiegend zur Identifikation von Produkten oder Werkstücken an den jeweiligen Fertigungsstationen eingesetzt; mittels der ausgelesenen ID-Nummer legt ein zentrales Produktionssteuerungssystem jeweils fest, welcher Arbeitsschritt zu erfolgen hat (BITKOM 2005, S. 42). Bei einem süddeutschen Automobilhersteller wurde dagegen ein dezentrales Steuerungsmodell implementiert, bei dem die Produktionsanweisungen direkt vom Transponder bezogen werden. Dazu wurden die Montagepaletten mit RFID-Transpondern ausgestattet, in denen sämtliche für die Produktion erforderlichen Daten gespeichert sind. Ein solches dezentrales System ist im Vergleich zu den zentralen Steuerungsmodellen wesentlich flexibler; zudem erleichtert es die simultane Produktion unterschiedlicher Modellvarianten auf einer Fertigungslinie (BITKOM 2005, S. 43).

Auch die Festlegung von Bearbeitungsreihenfolgen, etwa auf der Basis von Prioritätskennzahlen oder mithilfe von Softwareagenten (Diekmann/Hagenhoff 2006a, S. 30–40) lässt sich dezentral organisieren. Als Koordinationsmechanismus werden beispielsweise marktähnliche Konzepte diskutiert, bei denen Maschinen(gruppen) ihre jeweiligen Produktionskapazitäten computervermittelt

ausschreiben und anstehende Aufträge diese Angebote belegen können. Auf der Basis bestimmter Entscheidungsregeln, wie Dringlichkeit, Dauer, Kosten etc., wählt der Auftrag die jeweils „günstigste“ Maschine aus (Diekmann/Hagenhoff 2006a, S. 37). Nicht zuletzt kann die Erweiterung zentraler Steuerungskonzepte um dezentrale Elemente dazu beitragen, Produktionsstörungen, ausgelöst etwa durch unterbrochene Lieferketten, zu minimieren. Und sollten Korrekturen oder ein Nacharbeiten erforderlich sein, ist die Reintegration eines Erzeugnisses in den entsprechenden Produktionsabschnitt weniger problematisch.

Flexible Fertigungssysteme

Flexible Fertigungssysteme, beispielsweise in Gestalt automatisierter Bearbeitungszellen, sollen zu einer schnelleren Umsetzung individueller Kundenwünsche beitragen. Dabei werden Elemente der klassischen Großserienfertigung mit den Möglichkeiten der Kleinserienfertigung verknüpft („mass customisation“ und „chaotische“ Fertigung).

Das Prinzip der dezentralen, objektbezogenen Datenhaltung eröffnet weitreichende Flexibilisierungspotenziale in der industriellen Fertigung. Die betriebswirtschaftliche Herausforderung „individualisierter Massenproduktion“ besteht darin, eine Vielzahl von Produktvarianten effizient und zugleich kundengerecht herzustellen (Fleisch et al. 2005b, S. 7; Melski 2006, S. 41 f.). Mit der erhöhten Variantenzahl steigt zudem der Komplexitätsgrad sowohl der Produktionslogistik als auch der einzelnen Fertigungsschritte erheblich. Durch den Einsatz von AmI-Technologien ist es möglich, aufgrund transparenter Materialflüsse den Anteil fehlgeleiteter Teile und Materialchargen sowie fehlerhafte Variantenkonfigurationen zu reduzieren (Diekmann/Hagenhoff 2006a, S. 40 f.). Werden beispielsweise in RFID-Transpondern, die an Produktionsteilen angebracht sind, auch Produktionsanweisungen abgelegt, können die in den Produktionsprozess eingeschleusten Güter autonom, also ohne Steuerung durch übergeordnete Systemkomponenten, gefertigt werden. Diese „autarke Intelligenz“ (BITKOM 2005, S. 43) erlaubt die Herstellung sehr unterschiedlicher Produktvarianten auf einer einzigen Fertigungslinie. In der Fließbandproduktion können somit gleichzeitig unterschiedliche Modelle gefertigt oder die Produktion neuer Modelle schrittweise angefahren werden BITKOM 2005, S. 43). Umfangreiche zeit- und kostenintensive Umrüstungen der Anlagen werden somit seltener.

Automatisierung und Informatisierung zur Erschließung weiterer Rationalisierungspotenziale

Neben den bereits genannten Potenzialen zur Automatisierung (Produktionslogistik) und Informatisierung (Prozessintegration) eröffnen AmI-Technologien im Bereich der industriellen Produktion zahlreiche weitere Potenziale zur Optimierung und Effizienzsteigerung. Diese betreffen insbesondere die Bereiche Instandhaltung und Qualitätssicherung. Während Instandhaltungsaufgaben bei ruhendem, gebrauchsunabhängigem Verschleiß weitgehend als unproblematisch gelten, lässt sich Gebrauchsverschleiß schwer vorauskalkulieren, entsprechend willkürlich werden Wartungsintervalle angesetzt. Mit Objekten, die mit geeigneten Sensoren ausgestattet sind, kann die retrograde Ermittlung von Wartungszeitpunkten hingegen weitaus besser erfolgen (Diekmann/Hagenhoff 2006a, S. 43 f.).

Ein konkretes Beispiel für den RFID-Einsatz im Wartungsbereich findet sich bei einem großen europäischen Flugzeughersteller. Mit RFID-Etiketten ausgestattete Präzisionswerkzeuge lassen sich Dank der Funkerkennung nicht nur identifizieren und lokalisieren, sondern liefern zudem während des gesamten Lebenszyklus wichtige Informationen hinsichtlich der Kalibrierung sowie der Wartungstermine. Sobald bei einem Werkzeug die Wartung ansteht, erfolgt eine entsprechende Benachrichtigung an das entsprechende Überwachungssystem (SAP 2004).

Komplexere Modelle von „on condition maintenance“ kombinieren die Instandhaltungsmaßnahmen zudem mit computergestützten Instandhaltungsplanungssystemen, um wartungsbedingte Maschinenausfallzeiten zu minimieren. Mit Blick auf die Qualitätssicherung lassen sich durch AmI-Systeme beispielsweise Dokumentationspflichten im Rahmen von Qualitätsnormen zum Teil automatisieren. Im Bereich der Lebensmittelfertigung zeigen mit Sensoren ausgestattete RFID bestimmte qualitätskritische Informationen an, die somit nicht mehr manuell erfasst werden müssen (Diekmann/Hagenhoff 2006a, S. 43 f.).

3.4 Transformationspotenziale im Bereich der industriellen Arbeit

Angesichts der intensiven Einbettung der AmI-Anwendungen in fortdauernde Wandlungsprozesse des sekundären Sektors ist zu erwarten, dass die mit dem Einsatz von AmI-Technologien in Verbindung stehenden Veränderungen in der industriellen Arbeit sich zumindest kurz- und mittelfristig vor allem durch eine inkrementelle und weniger durch eine radikal-revolutionäre Qualität auszeichnen. So gibt es derzeit keine Anhaltspunkte, die auf eine durch den Einsatz von AmI-Technologien ausgelöste fundamentale Umstellung industrieller Fertigungsverfahren deuten.

So haben sich Vorstellungen weitgehend menschenleerer Fabriken bereits früher nicht realisiert. Die Industrie folgt gegenwärtig nicht dem Modell der vollständig automatisierten und umfassend integrierten Produktion (Fecht 2005, S. 80), sondern orientiert sich vielmehr an der Gleichzeitigkeit von „computerintegrierten Komponenten, computerlosen Verfahren und manuellen Prozessabschnitten“ (Willke 1999, S. 133). Auch die nächste informationstechnische Generation in Gestalt von AmI wird trotz ihres Potenzials zur verstärkten Automatisierung, Informatisierung und der damit einhergehenden Rationalisierung der industriellen Produktion keineswegs ein bestimmtes Organisationsmodell der Arbeit determinieren; auch künftig stehen im Rahmen der spezifischen ökonomischen Bedingungen und technischen Möglichkeiten unterschiedliche arbeitsorganisatorische Gestaltungsoptionen zur Verfügung. Diese bewegen sich grundsätz-

lich zwischen den Extrempunkten techno- und anthropozentrischer Pfad (Brödner 1986). Während im ersten Fall weitgehend einer tayloristischen Logik der Trennung von Tätigkeiten gefolgt wird, zielt der anthropozentrische Weg auf eine Dezentralisierung von Kompetenzen. Angesichts einer hohen Branchenvielfalt und unterschiedlicher Markt- und Produktionsanforderungen ist auch im Zuge einer umfassenden Diffusion von AmI-Anwendungen nicht zu erwarten, dass sich der gesamte Industriesektor an einem einzigen arbeitsorganisatorischen Paradigma ausrichten wird. Wahrscheinlicher ist die Gleichzeitigkeit unterschiedlicher Tätigkeitsgestaltungen – sowohl innerhalb von einzelnen Betrieben als auch branchenübergreifend.

Die wahrscheinlichen Veränderungen, die mit dem Einsatz von AmI-Technologien in der Fertigung verknüpft sind, werden im Folgenden entlang der Beschreibungsdimensionen der Industriearbeit dargestellt.

Veränderung der Tätigkeitsinhalte und Qualifikationsanforderungen

Unabhängig von der konkreten Ausgestaltung der Arbeit im Betrieb wird die Mehrzahl der industriellen Arbeitsplätze auch in Zukunft zweifellos einem hohen Rationalisierungsdruck unterliegen. AmI-Technologie hat hier zusätzliches Potenzial, einfache, repetitive Tätigkeiten zu automatisieren, womit insbesondere Arbeitsplätze mit niedrigen Qualifikationsanforderungen einem erneuten Verdrängungsprozess ausgesetzt sein dürften. Schätzungen über die zu erwartenden quantitativen Arbeitsplatzeffekte liegen allerdings noch nicht vor. Komplementär zum Prozess der Substituierung manueller Arbeitskraft ist zu erwarten, dass sich für die verbleibenden Arbeitsplätze der seit Jahren zu beobachtende Trend zur Arbeitsverdichtung mit dem zunehmenden Einsatz von AmI in der Fertigung verstärken wird. Durch die erhöhte Informationstransparenz im Bereich der Produktionslogistik wird es möglich, Materialflüsse zeitlich wie örtlich noch besser auf die Produktionserfordernisse abzustimmen. Es ist wahrscheinlich, dass sich die zeitkritische Integration menschlicher Arbeitskraft in die enger getakteten und beschleunigten Fertigungsabläufe dadurch intensivieren wird. Eine teilweise „Retaylorisierung“ der Arbeit im Sinne des Verlusts von Zeit- und Entscheidungssouveränität, auch unter den Bedingungen von Gruppenarbeit, wäre die Folge.

Jenseits von Rationalisierung und Arbeitsverdichtung, die nicht zuletzt mithilfe des Einsatzes von AmI weiter voranschreiten werden, wird die Einführung dieser Technologie Hand in Hand mit Veränderungen der Tätigkeitsinhalte einhergehen. Auf der Grundlage der sich bereits heute abzeichnenden Trends ist dabei von gegenläufigen quantitativen und qualitativen Entwicklungsrichtungen für die Beschäftigten auszugehen:

Die Gruppe der Beschäftigten mit hoher formaler Qualifikation wird im Vergleich zu den anderen Beschäftigtengruppen wahrscheinlich im geringsten Umfang vom technischen Wandel betroffen sein, da Management- und Planungsbereiche in Unternehmen ohnehin bereits nahezu umfassend mit Informationstechnologien durchdrungen sind. Zudem werden die höchsten Hierarchieebenen generell in geringerem Maße von technikinduzierten Umwälzungen tangiert, als dies für mittlere und untere Bereiche der Fall ist (Bauer/Bender 2004). Die Einführung von AmI-Technologien und die damit verbundene stark verbesserte informationstechnische Abbildung realer Betriebsprozesse eröffnet für Unternehmensführungen insbesondere neue Möglichkeiten zur Kontrolle von Abläufen und Identifizierung von produktionsorganisatorischen Mängeln (Fleisch et al. 2005a, S. 16–21). Einstige Kostenbarrieren, die die Sammlung vollständiger Informationen verhinderten, können durch Anwendung von AmI-Technologien zunehmend überwunden werden (Melski 2006, S. 28). Für das Management besteht somit zumindest die Möglichkeit, betriebswirtschaftliche Entscheidungen vermehrt auf der Basis feingranularer Echtzeitdaten zu treffen. Während den Entscheidungsträgern im Zuge der Anwendung von AmI-Technologien in der Produktion somit einerseits mehr, zeitnahe und qualitativ verbesserte Informationen über Fertigungsprozesse zur Verfügung stehen, sind andererseits zugleich neuartige Probleme mit Blick auf die Bewältigung, sinnvollen Filterung und Ordnung dieser Informationen zu erwarten.

Die Beschäftigten der unteren Qualifikationsstufen dürften – wie bereits angesprochen – aufgrund der Rationalisierungspotenziale, die sich durch den Einsatz von AmI-Technologien realisieren lassen, verstärkt von Arbeitsplatzabbau betroffen sein. Einfache Tätigkeiten in der Logistik oder bei der Maschinenbestückung lassen sich mithilfe von verbesserten Auto-ID-Verfahren automatisieren. Besonders augenfällig ist dies beispielsweise bei der manuellen Datenerfassung und -eingabe, die durch RFID-Systeme ersetzt werden können (Melski 2006, S. 23).

Hinsichtlich der mittleren Qualifikationsebenen sind dagegen ausgesprochen widersprüchliche Veränderungen zu vermuten, die gleichzeitig zu einer Anreicherung bestimmter Tätigkeitsbereiche führen, während andere Tätigkeiten eher von einer inhaltlichen Verarmung betroffen sein dürften.

Von einer Anreicherung der Tätigkeitsinhalte ist dort auszugehen, wo den Anforderungen einer zwar hochautomatisierten, aber weitgehend flexiblen oder „individualisierten“ Produktion entsprochen werden muss. An die Stelle hierarchischer Informations- und Anweisungskaskaden müssen aufgrund der erhöhten Komplexität der Fertigung bestimmte Entscheidungs-, Koordinations- und Kontrollfunktionen dezentralisiert werden (Melski 2006, S. 28 f.; Willke 1999, S. 78). Entsprechend werden die betroffenen Facharbeiter gefordert sein, zunehmend eigenständig zu planen und die Abläufe unternehmensintern wie -extern abzustimmen. Damit ist ein verbreitertes Verständnis über das Zusammenwirken des gesamten Produktionsprozesses, der Logistikanforderungen sowie der Lieferbedingungen verbunden. Neben dem steigenden Bedarf an Überblickswissen erlangen auch soziale Kompetenzen einen erhöhten Stellenwert, da mit der intensivierten Integration und Verzahnung einstmals getrennter Funktionsbereiche der Bedarf an Interaktion – real wie computer-

vermittelt – mit unterschiedlichen Personengruppen steigt. Die verstärkte Einbeziehung der Zulieferer und der Abnehmer, die insbesondere durch den Einsatz von AmI-Technologien erheblich intensiviert und ausgeweitet werden kann, wird insgesamt den Charakter vieler Tätigkeiten in der industriellen Fertigung sehr wahrscheinlich wandeln. Es ist davon auszugehen, dass der bereits heute deutlich erkennbare Trend zur Zunahme von produktbegleitenden Dienstleistungen durch den Einsatz von AmI-Technologien unterstützt wird. Indem ein Produkt mit einer „intelligenten" Funktion ausgestattet wird, eröffnen sich Ansatzpunkte für neuartige Dienstleistungen. So berichten Fleisch et al. (2005a, S. 26) von einem Palettenhersteller, der künftig seine Transportmittel mit Funketiketten ausstatten möchte, um seinen Kunden neben den eigentlichen Paletten auch einen Logistikinformationsservice anbieten zu können. Mit dem Ausbau der produktbezogenen Dienstleistungen wandeln sich in der Konsequenz auch die Anforderungen an die betroffenen Mitarbeiter (Kap. III.2). Bis zu einem gewissen Grad wird dabei selbst von Arbeitnehmern in der Fertigung unternehmerisches Handeln – auch als „intrapreneurship" bezeichnet – erwartet (Willke 1999, S. 88). Neben der Erweiterung der Tätigkeitsprofile um gewisse Planungs-, Koordinations- und Kommunikationsfähigkeiten ist auch eine Veränderung der fachlichen Anforderungen zu erwarten. Mit dem Schlagwort „Facharbeiteringenieure" kommt zum Ausdruck, dass manuelle Fertigkeiten an Bedeutung verlieren, während zunehmend bestimmte Programmierkenntnisse sowie das Steuern, Führen und Einstellen von komplexen Maschinen und Systemen an Gewicht gewinnen (Stooß 1996, S. 30). AmI-Systeme haben zwar das Potenzial, die Automatisierung eines Großteils der Steuerungs- und Einstellungsaufgaben zu beschleunigen, dennoch ist nicht zu erwarten, dass insbesondere komplexere technisch-maschinelle Umsetzungen von Managementvorgaben grundsätzlich ohne die Beteiligung der mit den alltäglichen Fertigungsroutinen unmittelbar vertrauten Mitarbeiter möglich sein werden.

Während sich also für einen Teil der Beschäftigten auf der mittleren Qualifikationsebene ein erhöhter Qualifikationsbedarf sowohl in fachlich-technischer Hinsicht als auch mit Blick auf die Kompetenzen in der sozialen und organisatorischen Dimension abzeichnet, scheint es wahrscheinlich, dass die Einführung von komplexen AmI-Systemen für einige Facharbeiter eine Dequalifizierung und Teilsubstituierung ihrer Tätigkeitsinhalte nach sich ziehen wird. Bestimmte Aufgaben wie einfachere Maschinenbedienung oder material- und werkstoffbedingte Einstellungen lassen sich ebenso wie verschiedene Kontroll- und Überwachungsfunktionen automatisieren. Manuelle Qualitätsprüfungen sind ausgesprochen zeit- und kostenintensiv und zudem extrem fehleranfällig (Fleisch et al. 2005a, S. 18–21). Derartige produktnahe Kontrollaufgaben lassen sich durch den Einsatz von AmI-Technologien zunehmend kostengünstiger und sicherer durchführen (Tellkamp/Quiede 2005). Auch Dispositionsentscheidungen in der Produktionslogistik können mithilfe von AmI-Systemen teilweise automatisiert werden. Indem benötigte Güter und Waren von Produktionsanlagen weitgehend selbstständig angefordert werden, entfallen die entsprechenden Steuerungsaufgaben der in der Fertigung eingesetzten Mitarbeiter, die folglich nur noch in seltenen Ausnahmefällen in die Produktionsabläufe eingreifen. Als „Residualkategorie" verbleiben somit jene Tätigkeiten, die nicht oder nur mit einem unverhältnismäßigen Aufwand automatisiert werden können. Dazu zählen etwa anspruchsvolle Wartungs- und Rüstaufgaben, bestimmte Einlegearbeiten, die Zuführung von Material und Halbfertigprodukten oder manuelle Produktionsfertigkeiten, die umfangreiches Experten- und Erfahrungswissen voraussetzen.

Realisieren sich diese Erwartungen, ist von einer verstärkten Scherenentwicklung und Disparität der Tätigkeitsprofile auf der mittleren Qualifikationsebene der industriellen Arbeit auszugehen.

Ort der Leistungserbringung

Im Zuge der Informatisierung und Digitalisierung realer Materialflüsse und Fertigungsprozesse wird es technisch zunehmend besser möglich, einen wachsenden Teil von Aufgaben räumlich und zeitlich vom eigentlichen Ort der materiellen Produktion zu trennen. Bei vollständiger informationstechnischer Durchdringung der Lieferkette, der Fertigung und der nachgelagerten Abläufe lässt sich nahezu die gesamte Prozesskette informationstechnisch in Echtzeit abbilden. Für die Durchführung bestimmter Überwachungs-, Steuerungs- und Koordinationsaufgaben ist somit die ständige Präsenz des Leistungserbringers nicht zwingend erforderlich. Statusberichte und Störungsmeldungen können auf mobile Kommunikationsgeräte übertragen werden; umgekehrt lassen sich Steuerungsbefehle auch über mobile Kommunikationsagenten erteilen. Ein Trend zur verstärkten Telearbeit, wie sie in vielen anderen wissensintensiven und dienstleistungsbezogenen Arbeitsfeldern thematisiert wird (Kordey/Korte 2001), lässt sich für den Kernbereich der industriellen Wertschöpfung aus den erweiterten Möglichkeiten der Mobilität zwar nicht ableiten. Allerdings eröffnen sich innerbetrieblich beispielsweise für technische Spezialisten neue Formen der Arbeitsorganisation. Mithilfe mobiler Endgeräte, die sich drahtlos und ad-hoc vernetzen können, lässt sich sowohl eine große Bandbreite an Bedienungsaufgaben erfüllen, zugleich besteht unabhängig vom Aufenthaltsort Zugriff auf eine Fülle an Betriebsdaten, die zur Durchführung der Aufgaben jeweils erforderlich sind.

Entsinnlichung und Entfremdung

Mit der fortschreitenden Informatisierung und Digitalisierung der industriellen Fertigung werden auch Industriearbeitsplätze zunehmend zu informationsverarbeitenden Arbeitsplätzen. In wachsendem Umfang werden die Arbeitslätze in der Fertigung ebenfalls mit Bildschirmen, Monitoren und Displays ausgestattet, die die Arbeitsprozesse mit den Mitteln der Multimedialität symbolisch-bildhaft darstellen. Viele Tätigkeiten werden somit nicht mehr am Werkstück oder der ausführenden Maschine durchgeführt, sondern vermittelt – durch computerge-

stützte Steuerungssysteme und Vernetzung. Damit wächst die Distanz zwischen der Tätigkeit des Arbeitnehmers und dem eigentlichen Fertigungsprozess, womit zugleich ein Verlust an sinnlich erfahrbarem Realitätsgehalt der Arbeit einher geht (Willke 1999, S. 83). Zwar arbeiten Entwickler an Bedienschnittstellen, die der menschlichen sensorischen Wahrnehmung möglichst nahekommen sollen, ein Ersatz für die ganzheitliche Wahrnehmung von erfühlbaren Materialeigenschaften, Geruch und Klang werden sie indessen nicht darstellen können.

Die fortschreitende Automatisierung von Steuerungs- und Kontrollprozessen durch den Einsatz von AmI-Technologien zeitigt mindestens zwei weitere problematische Nebenwirkungen. Zum einen werden sich Mitarbeiter zunehmend auf die neuen automatisierten Abläufe verlassen. Kommt es zu größeren Systemausfällen, werden die Prozesse mangels rasch abrufbarer Kompetenz unter Umstände kaum kontrollierbar. Engverbunden mit dem sogenannten Prinzip des „management by exception" (Heinrich 2005, S. 44), bei dem die Beschäftigten nur noch in Ausnahmefällen einzugreifen haben, ist zum anderen der schleichende Wissensverlust bezüglich der inneren Zusammenhänge der Fertigungsverfahren und Steuerungsprozesse. Die Zahl an Prozessfehlern wird durch die Automatisierung zwar tendenziell reduziert, die potenziellen Folgen eines einzelnen Versagens werden hingegen überproportional steigen (Fleisch et al. 2005a, S. 34).

Arbeitszeit und Work-Life-Balance

Die vertikale und horizontale Integration von Wertschöpfungsstufen, die auch mithilfe des Einsatzes von AmI-Technologien ermöglicht wird, wirkt sich mit Blick auf die zeitliche Dimension der Arbeitsorganisation auf den ersten Blick positiv aus, da mit der erhöhten Informationsverfügbarkeit und -qualität betriebliche Abläufe besser abseh- und steuerbar werden. Es ist indessen durchaus wahrscheinlich, dass die Effekte, die zu einer erhöhten Planungsfähigkeit und insbesondere einer verbesserten Reaktionsfähigkeit führen könnten, durch zwei gegenläufige Wirkungen konterkariert werden: Zum einen durch die Anforderung einer weiteren Verkürzung der Reaktionszeiten des Unternehmens auf Markterfordernisse. Zum anderen lösen sich aufgrund der engeren Verzahnung der Lieferketten und der Produktionslogistik zeitliche Puffer sukzessive auf. In der Konsequenz ist daher für die Arbeitszeitgestaltung eine zunehmende Verdichtung und engere Taktung der Abläufe zu erwarten. Um die erweiterten Möglichkeiten zur Produktionsflexibilisierung und raschen Marktanpassung auch realisieren zu können, scheint zudem eine Vergrößerung der Arbeitszeitkorridore wahrscheinlich. Für einen Teil der Beschäftigten dürfte dies mit einem Verlust an Zeitsouveränität verbunden sein.

3.5 Schlussfolgerungen

Die Vision der „Ambient Intelligence" (AmI) im Wertschöpfungsprozess ist im Vergleich zu den technischen Schlüsselfeldern Bio- und Nanotechnologie in der deutschen Industrie noch am weitesten von einer Realisierung entfernt. Ein Großteil der AmI-Technologien, die in den gängigen Zukunftsszenarien dargestellt werden, befindet sich gegenwärtig noch in der Grundlagenforschung. Entsprechend vage müssen Aussagen über künftige Auswirkungen dieser Technologielinie bleiben. Trotz dieser grundsätzlichen Einschränkung zeichnen sich mit Blick auf AmI in der industriellen Fertigung bereits aus heutiger Warte einige Entwicklungslinien mit Relevanz für die Ausgestaltung der Industriearbeit ab:

Zum Ersten fügen sich AmI-Anwendungen in der industriellen Fertigung in die seit Jahren bzw. Jahrzehnten auf Unternehmensebene zu beobachtenden Trends zur Rationalisierung und Flexibilisierung ein, beschleunigen diese und verstärken zum Teil deren Auswirkungen auf innerbetriebliche Prozesse. Bereits heute ist deutlich zu erkennen, dass die Einführung von RFID-Systemen, die als Wegbereiter von AmI gelten, vor allem mit dem Ziel verbunden ist, sowohl die Kosteneffizienz als auch die Variabilität von Produktionsprozessen zu steigern. Insofern wird mit AmI keine radikale Umstellung industrieller Fertigung verbunden sein, vielmehr ist dieser jüngste informationstechnische Innovationsschub in langanhaltende Trends eingebettet.

Zum Zweiten werden die zu erwartenden Auswirkungen von AmI-Anwendungen auf Tätigkeitsprofile und Qualifikationsanforderungen wahrscheinlich von gegenläufigen Trends geprägt sein. Einerseits ist zu vermuten, dass bestimmte Tätigkeiten in der industriellen Fertigung eine qualitative Anreicherung und Erweiterung erfahren werden, die mit der verbesserten (informationstechnischen) Integration unterschiedlicher Wertschöpfungsstufen in Verbindung stehen. Aufgrund der wachsenden Komplexität von Fertigungsprozessen, die sich aus den Anforderungen an eine flexible und „individualisierte" Produktion ergibt, werden die betroffenen Mitarbeiter gefordert sein, vermehrt eigenverantwortlich zu planen und Entscheidungen zu treffen. Neben einem verstärkten Bedarf an Überblickswissen über das Zusammenwirken des gesamten Produktionsprozesses werden somit auch soziale Kompetenzen einen erhöhten Stellenwert einnehmen, da im Zuge der fortschreitenden Verzahnung einstmals getrennter Funktionsbereiche Interaktionen mit unterschiedlichen Personengruppen an Bedeutung gewinnen. Andererseits zeichnet sich ab, dass AmI-Anwendungen erweiterte Möglichkeiten zur Automatisierung von einfachen Kontroll-, Überwachungs- und anderen manuellen Tätigkeiten bieten. Obwohl derzeit keine belastbaren Prognosen über quantitative Beschäftigungseffekte möglich sind, ist dennoch davon auszugehen, dass im Zuge der Einführung von AmI-Technologie in der industriellen Produktion insbesondere einfache Tätigkeiten mit niedrigen Qualifikationsanforderungen substituiert werden.

Drittens ist für die Mehrzahl der verbleibenden Beschäftigten in der industriellen Fertigung zu vermuten, dass sich die Trends zur Arbeitsverdichtung, zur Vergrößerung der Arbeitszeitkorridore und des Verlustes an Zeitsouveränität im Zuge der Einführung von AmI weiter fortsetzen.

Angesichts der geringen Anwendungsreife von AmI käme die Formulierung von detaillierten Handlungsempfehlun-

gen, etwa mit Blick auf bildungspolitische Maßnahmen, zu diesem Zeitpunkt verfrüht. Allerdings ist vor dem Hintergrund der in vielerlei Hinsicht erst schemenhaft erkennbaren Entwicklung von AmI die intensive Beobachtung dieses Technologiefeldes angezeigt. So hat sich die Arbeitswissenschaft bislang noch nicht mit den Auswirkungen von AmI auf die Industriearbeit befasst. In diesem Zusammenhang gilt es ferner, die sich abzeichnenden Auswirkungen von intensivierter ökonomischer Dynamik einerseits und den zum Teil problematischen Auswirkungen auf Arbeit und Gesellschaft andererseits im Blick zu behalten. Die breitangelegten Debatten über Rationalisierung, Automatisierung und die Zukunft der Arbeit, die von der Einführung der Mikroelektronik und Informationsverarbeitung, zum Beispiel unter dem Schlagwort des Computer Integrated Manufacturing (CIM) in der Industrie vor Jahren angestoßen worden waren, gilt es somit auch und gerade für das AmI-Zeitalter fortzusetzen und mit neuen Schwerpunkten wieder aufzugreifen.

VI. Schlussfolgerungen: Beobachtungs- und Handlungsbedarf

Im Folgenden sollen nun die aus den untersuchten Veränderungstreibern in den Kapiteln III bis V erwachsenden, zentralen Ansatzpunkte für Handlungs- und Beobachtungsbedarfe im Themenfeld „Zukunft der Industriearbeit“ übergreifend dargestellt und eingeordnet werden. Ziel ist es, einen kompakten Überblick über die in diesem Bericht aus den detaillierten Untersuchungsergebnissen abgeleiteten Anregungen zu geben und die Brücke zu Ansatzpunkten für die politischen Akteure zu schlagen. Die Strukturierung der folgenden Überlegungen orientiert sich an den in Kapitel II vorgestellten Beschreibungsdimensionen einer qualitativen Veränderung der Industriearbeit und sind in Tabelle 30 für den schnellen Überblick zusammenfassend dargestellt:

– Neue Risiken und Belastungen

– Veränderung des Tätigkeitsspektrums

– Veränderung der methodischen und sozialen Kompetenzen

– Entsinnlichung der Arbeit bzw. Entfremdung vom Arbeitsergebnis

– Flexibilisierung (zeitlich und räumlich) sowie Intensivierung der Arbeitsleistung

– Veränderung der formalen Qualifikationsanforderungen

– Veränderung des fachlichen Qualifikationsbedarfes

– Wissensintensivierung bzw. Verwissenschaftlichung der Industriearbeit

Risiken und Belastungen

Die kritischen und zukünftig intensiv zu beobachtenden Aspekte neuer Risiken und Belastungen für die in der Industrie Tätigen resultieren erwartungsgemäß vorrangig aus der industriellen Anwendung der Bio- und Nanotechnologie. Dabei wurden in der Biotechnologie und insbesondere der Gentechnik bereits entsprechende Sicherheitsmaßnahmen entwickelt, gesetzlich verbindlich vorgeschrieben und in der Praxis implementiert, sodass hier ein Stand erreicht ist, der in der Nanotechnologie aktuell angestrebt wird. Allerdings zeichnen sich nunmehr in der Biotechnologie mit der Synthetischen Biologie und mit der Nanobiotechnologie neue Felder ab, die ein erhöhtes Gefährdungspotenzial für die menschliche Gesundheit bergen könnten. Der Wissensstand ist aber noch nicht ausreichend, um mögliche Gefährdungen abschätzen zu können. Hier besteht also aktueller Beobachtungs- und Forschungsbedarf, um die Wissensbasis für eine Risikobewertung zu legen, auf deren Grundlage dann eventuell erforderliche Präventions- und Schutzmaßnahmen entwickelt werden könnten.

Bezüglich neuer Gefährdungspotenziale durch die industrielle Anwendung der Nanotechnologie wird in nahezu allen mit diesem Themenbereich befassten Studien betont, dass es besonders wichtig sei, die mögliche Gesundheitsschädlichkeit von Nanomaterialien sowie die mögliche Exposition von Personen am Arbeitsplatz zu untersuchen und geeignete Maßnahmen in die Wege zu leiten. Dabei besteht europaweit noch ein erheblicher Mangel an Wissen über entscheidende Faktoren, der durch die Untersuchung folgender Fragestellungen behoben werden sollte:

– Wie toxisch sind Nanopartikel unterschiedlicher – auch gutbekannter – Stoffe? Gibt es Interaktionen von Nanopartikeln mit Zellstrukturen?

– Welche Nanopartikel in welcher Größe können die Gesundheit schädigen, und wie sehen Dosis-Wirkungs-Beziehungen aus?

– Welche Partikel verhalten sich ähnlich, und ist es möglich, eine Einteilung der Nanopartikel in Risikoklassen vorzunehmen?

– Welches sind die tatsächlich von einer Exposition mit Nanomaterialien betroffenen Arbeitsplätze und Arbeitskräfte, und wie sind Art, Höhe und Dauer der dort stattfindenden Exposition ausgeprägt?

– Wie lassen sich umfassende, international standardisierte Meßmethoden, insbesondere für die reaktive Oberfläche von Partikeln in der Luft und am Arbeitsplatz, entwickeln?

Die Arbeiten der zuständigen deutschen Behörden (Umweltbundesamt, Bundesinstitut für Risikobewertung, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin) zu diesem Thema sollten untereinander und mit den entsprechenden Institutionen innerhalb der EU abgestimmt und koordiniert werden. Die Ergebnisse mit Relevanz für die Industriearbeit müssten dann hinsichtlich ihrer Implikationen für die Anpassung von Arbeitsschutzbestimmungen eingeordnet werden. Gegebenenfalls sollten entsprechende Maßnahmen zur Verbesserung des betrieblichen Arbeitsschutzes in den zuständigen Gremien diskutiert und verabschiedet werden.

Tabelle 30

Ansatzpunkte für parlamentarische Handlungsüberlegungen und Beobachtungsbedarfe

Treiber	**Marktanforderungen**		**adäquate Organisationsformen**		**Einführung neuer Technologien**		
Beschreibungsdimensionen	**Internationalisierung**	**Tertiarisierung**	**Marktorientierung**	**Arbeitsorganisation**	**Biotechnologie**	**Nanotechnologie**	**Ambient Intelligence**
Risiken und Belastungen					B: Gefährdungspotenzial durch Synthetische Biologie u. Nanobiotechnologie? B+H: Möglichkeiten des Enhancements beobachten und kontrollieren	B: Gefährdungspotenzial durch Nanopartikel? (u. Nanobiotechnologie)	
Tätigkeitsspektrum	H: KMU-Konzepte zur transnationalen Koordination von Wertschöpfungsverbünden	B: Desintegration von Produktions- und Dienstleistungstätigkeiten beim Individuum?		B: Neue Anforderungen durch „Ganzheitliche Produktionssysteme“ (GPS)?			
Methodische und soziale Kompetenzen	H: interkulturelle Kompetenzen in Ausbildungsgänge integrieren				H: Fähigkeiten zur interdisziplinären und internationalen Zusammenarbeit flächendeckend (alle Qualifikationsstufen) in der Aus- und Weiterbildung verorten		
Entsinnlichung/ Entfremdung					B: ethische/ gesellschaft./ rechtliche Aspekte des „Eingriffs in das Leben“?		
Flexibilisierung (zeitl. u. räuml.)/Intensivierung	B: Auswirkungen zunehmender Koordinationsaufgaben (auch räumlich – Betreuung vor Ort)?	B: Auswirkungen veränderter Arbeitszeitmodelle?	H: Work-Life-Balance-Modelle mit Flexibilitätsspielräumen auch bei AN				B: Beschleunigung von Rationalisierung und Arbeitsverdichtung?

noch Tabelle 30

Treiber	**Marktanforderungen**		**adäquate Organisationsformen**		**Einführung neuer Technologien**		
Beschreibungsdimensionen	**Internationalisierung**	**Tertiarisierung**	**Marktorientierung**	**Arbeitsorganisation**	**Biotechnologie**	**Nanotechnologie**	**Ambient Intelligence**
Qualifikationsbedarf formal	H: Industrie verliert als Arbeitsmarkt für Geringqualifizierte an Bedeutung(!)						
	B+H: Absorptionskapazität anderer Sektoren (Dienstleistung, Handwerk etc.) für Geringqualifizierte analysieren und anstoßen						
	H: Engpässen bei ingenieur- und betriebswirtschaftlichen Fach- und Führungskräften (v. a. (Fach-)Hochschulabsolventen) entgegenwirken				H: Verknappung bei natur- und ingenieurwissenschaftlich ausgebildeten Akademikern und technischer Assistenz gegensteuern		
Qualifikationsbedarf fachlich		B+H: Dienstleistungskompetenzen in industrielle Ausbildungsgänge integrieren		B: Neue Anforderungen durch „ganzheitliche Produktionssysteme“ (GPS)?	B+H: fachliche Qualifikationen besser am Bedarf der Unternehmen ausrichten	H: Studienangebote international koordinieren und „standardisieren“	
					H: ethische/ gesellschaftl./ rechtl. Aspekte in die (akadem.) Ausbildung integrieren	H: Aus- u. Weiterbild. mit Nanoinhalten für mittlere Qualifikationen (Facharbeiter. u. Techniker)	
Wissensintensivierung/ Verwissenschaftlichung/ Wissenstransfer	H: Konzepte zum Schutz von Prozesswissen (wegen des zunehmenden internationalen Wissenstransfers)				B: Potenzial zur Substitution etablierter Industrien (Ausmaß, Richtung, Zeithorizont, betroffene Regionen) prospektiv abschätzen	H: Personalaustausch von der Forschung in die (KMU-) Industrie stimulieren B: Marktfähigkeit der (gefördert.) Forschungsarbeiten beobachten	

Legende: H = Handlungsüberlegungen erforderlich; B = Beobachtungsbedarf
Quelle: eigene Zusammenstellung

Von ganz anderer Qualität der Wirkungen auf die Gesundheit von Erwerbstätigen sind mögliche Anwendungen der Biotechnologie – insbesondere in ihrer Konvergenz mit Nano-, IuK- und Neurotechnologien – zum Enhancement in der Arbeitswelt. Unter Enhancement versteht man solche Interventionen, die die Fähigkeiten und das Leistungsvermögen von Menschen über das als „normal“ empfundene Maß hinaus verbessern sollen. Solche Möglichkeiten befinden sich derzeit noch überwiegend im Forschungs- und Entwicklungsstadium und sind daher bislang kaum diskutiert worden. Hier könnte ein frühzeitiges Monitoring der Entwicklung angezeigt sein.

Tätigkeitsspektrum

Infolge der weiter zunehmenden Internationalisierung der Wertschöpfung und damit auch der Industriearbeit ist absehbar, dass in Zukunft koordinierende sowie dienstleistende und beratende Tätigkeiten am deutschen Stammsitz für das jeweilige Auslandswerk oder den internationalen Werksverbund noch weiter an Bedeutung gewinnen werden. Besonders betroffen sind hier Spezialisten und Führungskräfte, die über verschiedene Ansätze (wie temporäre Beratung vor Ort, Entsendungen, Patenkonzepte am deutschen Werk oder durch Koordination über die zentralen Bereiche am Stammsitz) versuchen müssen, diese Anforderungen in den Griff zu bekommen. Adäquate Lösungsansätze hierzu sind bislang vor allem in großen multinationalen Unternehmen vorhanden. Doch auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sind zukünftig verstärkt gefordert, ihre Wertschöpfungsprozesse zu internationalisieren und mit ihren flachen Strukturen und ohne entsprechende Stabsstellen die verstärkt geforderten Koordinations-, Dienstleistungs- und Beratungstätigkeiten für ihre ausländischen Werke effizient und dergestalt zu erbringen, dass an den deutschen Standorten entsprechende höherwertige Tätigkeiten entstehen bzw. gehalten werden können. Hier könnte die Forschungspolitik gefragt sein, die Konzeption und Erprobung innovativer Konzepte zur Koordination und Steuerung internationaler Werksverbünde und transnationaler Netzwerke von KMU anzustoßen.

Für die nächsten Jahre wird es als wahrscheinlich angenommen, dass produktbegleitende Dienstleistungen weiter an Bedeutung gewinnen werden. Dies wird Auswirkungen auf die zukünftigen Tätigkeitszuschnitte in der Industriearbeit haben. Angesichts des prognostizierten zunehmenden Dienstleistungsanteils an der Wertschöpfung werden produzierende Industrieunternehmen bestrebt sein, produktbegleitende Dienst- und Serviceleistungen so professionell und produktiv wie möglich zu erbringen. Dies könnte dazu führen, dass die Gründung eigenständiger Serviceabteilungen weiter voranschreitet und so die in vielen Betrieben existente Integration von produzierenden und dienstleistenden Tätigkeiten bei einzelnen Mitarbeitern wieder zurückgeführt wird. Zukünftig könnten demnach vermehrt spezialisierte Dienstleistungs- und Servicemitarbeiter in den Betrieben gefragt sein. Ob und wie stark diese vermutete Desintegration von Produktions- und Dienstleistungstätigkeiten bei der individuellen Fachkraft tatsächlich Platz greift und welche Implikationen damit für das Tätigkeitsspektrum der Betroffenen einhergehen, sollte in den nächsten Jahren systematisch beobachtet werden, um rechtzeitig adäquate Aus- und Weiterbildungsangebote entwickeln und anbieten zu können.

Selbstverantwortliche Gruppenarbeit wird als wichtig für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie eingeschätzt und viele Experten erwarten – trotz einer bislang eher geringen Verbreitung avancierter Gruppenarbeitsformen –, dass sie in den nächsten fünf bis zehn Jahren auf Werkstattebene weitverbreitetet sein wird. Für die Anreicherung von Tätigkeitsinhalten der Belegschaften zeichnen sich allein dadurch jedoch keine radikalen Trendbrüche ab, die durch die bewährten Neuordnungen der Ausbildungsgänge nicht aufgefangen und umgesetzt werden könnten. Neue Dynamik könnte die Praxis der inhaltlichen und fachlichen Ausgestaltung der Gruppenarbeit dann erhalten, wenn diese im Zuge der Einführung sogenannter „ganzheitlicher Produktionssysteme“ als wichtiges Einzelelement erkannt und weiter vorangetrieben werden sollte. Sollte sich durch Standardisierungs- und Konsistenzbemühungen zu anderen organisatorischen Elementen ganzheitlicher Produktionssysteme die Anforderung ergeben, auch avanciertere Gruppenarbeitsformen mit erweiterten Tätigkeits- und Qualifikationsprofilen für alle in der Gruppe Beteiligten weiter voranzutreiben, dann könnte hier eine Entwicklung mit neuer Qualität Platz greifen. Vor dem Hintergrund der daraus resultierenden Anforderungen an die Kompetenzen und Qualifikationen der Industriearbeit sollten die Bildungs-, Wirtschafts- und Forschungspolitik genau beobachten, in welche Richtung sich die Konzepte ganzheitlicher Produktionssysteme nicht nur in großen Unternehmen, sondern auch für die Vielzahl der kleinen und mittleren Unternehmen in Zukunft weiterentwickeln, um einen Qualifikationsbedarf neuer Prägung rechtzeitig aufgreifen zu können.

Methodische und soziale Kompetenzen

Im Zuge der weiter zunehmenden Internationalisierung der Geschäftstätigkeiten werden internationale Qualifikationen – und hier insbesondere interkulturelle Kompetenzen und Kommunikationsfähigkeit – über alle Beschäftigungsgruppen hinweg und auch in den hier untersuchten Technologien an Bedeutung gewinnen. Es stellt sich die Frage, ob die existenten bildungspolitischen Konzepte hierfür bereits adäquate Lösungen anbieten. Hier könnte die Bildungspolitik gefragt sein, nicht nur Sprachkenntnisse, sondern auch weiterreichende interkulturelle Fähigkeiten in die verschiedensten Ausbildungsgänge zu integrieren. Diese Anforderung betrifft zukünftig zunehmend nicht nur Studierende und Abiturienten, sondern alle Bildungswege, die auf industrielle Facharbeit abzielen. Die existierenden Curricula müssten vor diesem Hintergrund systematisch daraufhin überprüft werden, ob sie diesen Anforderungen an eine grundlegende internationale Qualifikation bereits gerecht werden oder nicht.

Im Zusammenhang mit der zunehmenden industriellen Anwendung der Bio- und Nanotechnologie sowie mit Ab-

strichen auch bei Ambient-Intelligence-Konzepten besteht zudem Bedarf, anwendungsorientierte Fachkenntnisse und teamorientierte soziale Kompetenzen stärker in die fachlichen Curricula der relevanten wissenschaftlichen und technischen Studien- und Ausbildungsgänge zu integrieren. In stärkerem Maße benötigt werden neben Fremdsprachenkenntnissen insbesondere „Soft Skills“ in der interdisziplinären und internationalen Teamarbeit. Bereits heute sind Grundlagenforschung, angewandte Forschung und Entwicklung im Bereich der Bio- und Nanotechnologie interdisziplinär, mit entsprechenden Folgen für Ausbildung und Nachwuchsförderung. Als Voraussetzung für einen entsprechenden Innovations- und Produktivitätsschub müssen neue Organisationsstrukturen und Ausbildungsgänge entstehen, die weniger starr an disziplinären Grenzen orientiert sind, sondern den multi- oder interdisziplinären Charakter der Technologien berücksichtigen. Hier besteht die Herausforderung, mittelfristig ein flächendeckendes Aus- und Weiterbildungsangebot zu entwickeln, das alle formalen Qualifikationsstufen abdeckt.

Entsinnlichung/Entfremdung

Im Zusammenhang mit Tätigkeiten in der Biotechnologie ist auf den Aspekt der Entsinnlichung bzw. Entfremdung und daraus resultierende mögliche Folgen hinzuweisen. Die Biotechnologie nutzt die Fähigkeiten von Lebewesen bzw. ihrer Bestandteile für technische Zwecke aus. Dabei werden diese zu Objekten, die von den in der Biotechnologie Tätigen gegebenenfalls nicht mehr als Lebewesen, sondern primär als Hilfsmittel und Material zur Erfüllung technischer Zwecke wahrgenommen werden. Dies wird zum Teil dadurch verstärkt, dass diese Objekte mit den menschlichen Sinnen nicht mehr wahrgenommen, sondern nur noch mittelbar durch Messwerte oder technische Geräte erfasst werden (können). Dabei können Eingriffe in diese Lebewesen oder ihre Verwendungszwecke, die aus Sicht von in der Biotechnologie Tätigen „normal“ erscheinen, für Außenstehende als nur schwer akzeptabel, zu weitgehend oder unmoralisch eingestuft werden. Exemplarisch sei die gentechnische Veränderung von Tieren oder die Nutzung menschlicher Embryonen für die Gewinnung embryonaler Stammzellen genannt. Um tiefgreifenden Kontroversen vorzubeugen, besteht hier die Notwendigkeit, die ethischen, gesellschaftlichen und rechtlichen Aspekte umfassend zu erforschen und auf dieser Basis gesellschaftliche Debatten über die Wünschbarkeit und Zielsetzungen biotechnischer Eingriffe in die Integrität von Lebewesen zu führen. Darüber hinaus wäre die Integration dieser Themen in die (akademische) Ausbildung anzudenken. Diese Problematik betrifft grundsätzlich auch die Nanotechnologie, ist dort aber wegen der zurzeit eher inkrementellen Innovationen in den Unternehmen sowie der noch geringen Befassung mit Lebewesen aktuell weniger virulent.

Flexibilisierung (zeitlich und räumlich) und Intensivierung

Mit der Internationalisierung der Geschäftstätigkeiten und den teilweise deutlich spürbaren Anforderungen einer „Rund-um-die-Uhr-Wirtschaft“ gehen eine zunehmende Flexibilisierung wie auch Intensivierung der Industriearbeit einher, die insbesondere durch zunehmende Koordinations-, Kommunikations- und Abstimmungsbedarfe mit Standorten in anderen Ländern vorangetrieben werden. Diese Entwicklung gilt es auch zukünftig kritisch zu beobachten. Aktuell gibt es Indizien, dass sich nach der Euphorie um die E-Business-Arbeitssysteme und die in diesem Kontext als positiv dargestellten Tendenzen zur Arbeitsintensivierung und -ausweitung hierzu auch wieder eine kritischere Denkhaltung durchzusetzen beginnt. Nicht zu Unrecht wird darauf hingewiesen, dass diese Art der Arbeitsbelastung zu Kreativitäts- und Produktivitätsverlusten bei Fach- und Führungskräften führen kann, die auch von Arbeitgeber- und Unternehmensseite nicht gewünscht sein können. Hier ist Beobachtungsbedarf angezeigt, um weitere Veränderungen der Arbeitsintensität und -zeiten im Blick behalten zu können.

Mit der zunehmenden Bedeutung koordinierender und beratender Tätigkeiten zwischen den Standorten gehen nicht nur erhöhte Anforderungen an die zeitliche, sondern auch die räumliche Flexibilität der industriellen Fach- und Führungskräfte einher. Ein wesentlicher Bestandteil der Internationalisierungsstrategien produzierender Unternehmen sind in der Zwischenzeit Auslandsaufenthalte in den Werken und Niederlassungen der Unternehmung von zwei bis sechs Monaten Dauer. Ähnliche Fristen lassen sich auch für Spezialisten, Führungs- und Fachkräfte ermitteln, die zur Unterstützung der Anlaufprozesse an ausländische Produktionsstandorte entsendet werden. Mit der wachsenden Internationalisierung ihrer Geschäftstätigkeiten sind zunehmend auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) gefordert, hier tätig zu werden. Deshalb könnte es sinnvoll sein zu beobachten, ob in KMU mit ihrer bekanntermaßen dünnen Decke an Spezialisten, Stabs- und Führungspersonal geeignete Entsendungs- und Karriereplanungskonzepte existieren – und wie verbreitet solche guten Lösungen bereits sind. Solche Konzepte müssten einerseits die geforderte räumliche Flexibilität gut mit dem privaten Leben der betroffenen Personen verbinden können und andererseits geeignet sein, nach einem längeren Auslandsaufenthalt die reibungslose Wiedereingliederung in den Stammbetrieb systematisch zu unterstützen.

Mit einer fortschreitenden inneren Tertiarisierung der Industriearbeit wird ein erhöhter Bedarf nach veränderten Arbeitszeitmodellen einhergehen. Dies gilt insbesondere für sogenannte zeitkritische produktbegleitende Dienstleistungen, wie Hotline, Reparatur oder Wartung, die oftmals außerhalb der Normalarbeitszeit erbracht werden müssen. Hier kristallisieren sich zwei Gruppen von Arbeitnehmern heraus, die spezieller Arbeitszeitregelungen bedürfen. Zum einen sind dies die Beschäftigten, die bei den Kunden vor Ort und damit in extremer Abhängigkeit ihrer Arbeitszeitsouveränität vom Kundenproblem Dienstleistungen, wie Schnell- oder Notreparaturen, Wartungen, Reklamationserfüllungen oder Schulungen des Personals, erbringen, oftmals vor allem in Abendstunden und an Wochenenden. Entsprechende Arbeitszeitregelungen müssen mit einem hohen Flexibilitäts- und Selbstbe-

stimmungsgrad ausgestattet sein und entziehen sich den direkten Zeitkontrollmöglichkeiten durch den Arbeitgeber („Vertrauensarbeitszeit“). Damit gehen aber auch verstärkte Gefahren der Selbstausbeutung und der dauerhaften Vermischung von Arbeits- und Freizeit einher, die die Planbarkeit der Freizeit und damit beispielsweise die Vereinbarkeit von Beruf und Familie negativ tangieren können.

Zum anderen wird von der anderen Gruppe der Arbeitnehmer zunehmend eine ständige Ansprechbarkeit und Einsatzbereitschaft gefordert, zum Beispiel bei Angeboten einer Hotline oder eines Rund-um-die-Uhr-Services. Hier wird die Arbeitszeitsouveränität der Arbeitnehmer eher wieder zurückgefahren, und Modelle einer kapazitätsorientierten variablen Arbeitszeit (KAPOVAZ) könnten wieder weiter voranschreiten, bei denen in einem Einzelarbeitsvertrag vereinbart wird, dass sich der Arbeitnehmer bei seiner Arbeitszeit nach den betrieblichen Erfordernissen zu richten hat. Beide Entwicklungen gilt es zukünftig hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Gesundheit und die nachhaltige Arbeitsfähigkeit der betroffenen Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer systematisch zu beobachten.

Im Zusammenhang mit der zunehmenden marktorientierten Organisationsgestaltung produzierender Unternehmen deutet vieles darauf hin, dass die Flexibilisierung des Arbeitseinsatzes zukünftig noch stärker von den Bedürfnissen der Unternehmen und ihrem Marktumfeld determiniert werden wird. So wird beispielsweise eine „interne Form des Arbeitskraftunternehmers“ als durchaus bedeutend für die Wettbewerbsfähigkeit der produzierenden Industrie eingeschätzt und als reales Konzept in vielen Unternehmen erwartet. Ein solcher Arbeitskraftunternehmer bietet seine Dienste zwar nicht notwendigerweise verschiedenen Arbeitgebern an, setzt aber in verschiedenen Bereichen und Netzwerken innerhalb einer Organisation flexibel seine Fähigkeiten ein. Andererseits wird es nur als bedingt realistisch eingeschätzt, dass die Unternehmen maßgeschneiderte Arbeitsbedingungen bieten, die eine ausgewogene Aufrechterhaltung oder Herstellung einer „Work-Life-Balance“ ermöglichen. Hier ist Raum und Bedarf für entsprechende Überlegungen der Arbeits- und Wirtschaftspolitik, zusammen mit den Interessensvertretungen und Tarifparteien neue Ansätze für einen nachhaltigen Arbeitseinsatz zu entwerfen, die ausgewogen sowohl den Flexibilitätsanforderungen der Betriebe wie auch den notwendigen Flexibilitätsspielräumen für den privaten Bereich Rechnung tragen. Hier bieten sich auch Chancen für Unternehmen beispielsweise in den neuen Technologien wie Nano- oder Biotechnologie, sich durch kreative Arbeitseinsatzmodelle im Wettbewerb um qualifiziertes Personal zu positionieren.

Anwendungen von „Ambient-Intelligence“-Konzepten in der industriellen Fertigung fügen sich in die seit Jahren bzw. Jahrzehnten auf Unternehmensebene zu beobachtenden Trends zur Rationalisierung und Flexibilisierung ein, beschleunigen diese und verstärken zum Teil deren Auswirkungen auf innerbetriebliche Prozesse. Bereits heute ist deutlich zu erkennen, dass die Einführung von RFID-Systemen, die als Wegbereiter von AmI gelten, vor allem mit dem Ziel verbunden ist, sowohl die Kosteneffizienz als auch die Variabilität von Produktionsprozessen zu steigern. Insofern wird mit AmI keine radikale Umstellung industrieller Fertigung verbunden sein. Vielmehr ist dieser jüngste informationstechnische Innovationsschub in langanhaltende Trends eingebettet. Angesichts der geringen Anwendungsreife von AmI käme die Formulierung von detaillierten Handlungsempfehlungen zwar verfrüht. Allerdings ist vor dem Hintergrund der in vielerlei Hinsicht erst schemenhaft erkennbaren Entwicklung von AmI die intensive Beobachtung dieses Technologiefeldes angezeigt. So hat sich die Arbeitswissenschaft bislang noch kaum mit den Auswirkungen von AmI auf die Industriearbeit befasst. Die breitangelegten Debatten über Rationalisierung, Automatisierung und die Zukunft der Arbeit, die von der Einführung der Informationsverarbeitung in der Produktion, zum Beispiel unter dem Schlagwort des Computer Integrated Manufacturing (CIM), vor Jahren angestoßen worden waren, gilt es somit auch und gerade für das AmI-Zeitalter mit neuen Schwerpunkten weiterzuführen.

Formale Qualifikationsanforderungen

Bei der Analyse der Implikationen für die Industriearbeit quer zu den untersuchten Veränderungstreibern springt ins Auge, dass alle Entwicklungen hinsichtlich des zukünftig absehbaren formalen Qualifikationsbedarfes deutscher Industrieunternehmen auf ein durchaus besorgniserregendes „doppeltes Dilemma“ hinweisen (Tabelle 30). Auf der einen Seite werden einfache und wenig know-how-intensive Tätigkeiten, die von geringqualifizierten Beschäftigten ausgeführt werden können, zukünftig noch deutlich weniger als bislang von der produzierenden Industrie nachgefragt werden. Auf der anderen Seite ist absehbar, dass der steigende Bedarf an Hochschul- und Fachhochschulabsolventen zunehmend schwieriger gedeckt werden kann. Ersteres ist auf die folgenden Entwicklungen zurückzuführen:

- Infolge der zunehmenden Internationalisierung der Wertschöpfung der Industrieunternehmen werden einfache Tätigkeiten für Geringqualifizierte zukünftig noch stärker als bislang entweder vergleichsweise hochautomatisiert und damit weniger personalintensiv weiterhin in Deutschland durchgeführt oder – insbesondere wenn es sich um reife Produkte oder Prozesse handelt – in Länder mit geringeren Lohnkosten verlagert.
- Im Zusammenhang mit der inneren Tertiarisierung deuten alle Befunde darauf hin, dass produktbegleitende Dienstleistungen der Industrie, im Gegensatz zu vielen anderen Dienstleistungen, auf höher qualifiziertes Personal angewiesen sind. Mit steigender Orientierung der Unternehmen hin zu produktbegleitenden Dienstleistungen, gemessen an deren Umsatzanteil, steigt die Quote der Beschäftigten mit Hochschul-, Fachhochschul- und Technikerabschluss, während an- und ungelerntes Personal weniger benötigt wird.

– Die marktorientierte Organisationsgestaltung der Unternehmen geht zwar bislang (noch) nicht mit einer Reduktion des Anteils An- und Ungelernter in diesen Betrieben einher. Spezifische Auswertungen der Delphi-Befragung „Manufacturing Visions“ (Fraunhofer ISI 2005) zeigen jedoch, dass eine breite Nutzung wissensintensiver Produktionssysteme mit einem Anteil von weniger als 10 Prozent Unausgebildeter bzw. Geringqualifizierter an den Beschäftigten zukünftig als durchaus realistisch eingeschätzt wird.

– Der Einfluss der Gruppenarbeit auf das Qualifikationsprofil der Beschäftigten ist messbar, aber begrenzt. Dennoch hat die Nutzung von Gruppenarbeit eine signifikant negative Wirkung auf den Anteil An- und Ungelernter an den Beschäftigten, in seiner Reichweite ist dieser Effekt jedoch eher schwach.

– Bio- und Nanotechnologie in der Industriearbeit erfordern wegen der Wissensintensität und der großen Bedeutung von Forschung und Entwicklung hochqualifiziertes Personal, insbesondere entsprechend ausgebildetes akademisches Personal sowie technische Assistenz mit fachschulischer oder dualer Ausbildung. Daher ist nicht davon auszugehen, dass in nennenswertem Umfang positive Beschäftigungseffekte für Gering- oder Nichtqualifizierte entstehen werden.

– Infolge der Einführung von industriellen Ambient-Intelligence-Anwendungen zeichnet sich ab, dass erweiterte technische Möglichkeiten zur Automatisierung von einfachen Kontroll-, Überwachungs- und anderen manuellen Tätigkeiten entstehen, wodurch insbesondere einfache Tätigkeiten mit niedrigen Qualifikationsanforderungen substituiert werden könnten.

In der Summe lassen die beschriebenen Entwicklungen befürchten, dass die deutsche Industrie zunehmend als bisher wichtiger Anbieter auch einfacher Arbeiten wegbricht und damit deutlich weniger Entlastung für den Arbeitsmarkt der Geringqualifizierten als bislang beisteuern kann. Dies wird aller Voraussicht nach die bereits existenten Probleme der An- oder Ungelernten auf dem Arbeitsmarkt noch weiter verschärfen. Hier stellt sich zum einen die Frage, wie in Zusammenarbeit mit Interessensvertretungen und Tarifparteien entsprechende Ansätze zur bedarfsorientierten Weiterqualifikation der Geringqualifizierten, die an den konkreten Bedarfen der Industrie ansetzen, vorangetrieben werden können. Zum anderen ist in diesem Kontext auch systematisch zu beobachten und zu analysieren, ob zukünftig neben der produzierenden Industrie andere Sektoren, wie zum Beispiel einzelne Dienstleistungs- oder Handwerksbereiche, eine höhere Absorptionskapazität auch für Geringqualifizierte entwickeln können und unter welchen Bedingungen und mit welchen Konzepten dies stimuliert werden könnte.

Das zweite Dilemma zeigt sich bei der Gesamtsicht auf die zukünftigen Bedarfe an Hochqualifizierten. Hier ist bereits heute absehbar, dass der steigende Bedarf an Hochschul- und Fachhochschulabsolventen zunehmend schwieriger gedeckt werden kann, da sich der Absolventen- und Fachkräftemangel, insbesondere bei Ingenieur- sowie Natur- und Wirtschaftswissenschaften, durch den demografischen Wandel noch weiter verschärfen dürfte. Diese Engpasstendenz wird durch folgende Entwicklungen verstärkt:

– Zukünftig wird der Wettbewerb um hervorragende Köpfe, insbesondere um hochqualifizierte Spezialisten und Führungskräften mit ingenieur- und betriebswirtschaftlichem Profil, noch stärker als bereits heute international und standortübergreifend stattfinden. Dies führt vor allem bei kleinen und mittleren Unternehmen mit ihrer im Vergleich zu großen Unternehmen geringeren „Arbeitgeberattraktivität“ und ihren eingeschränkten Möglichkeiten, entsprechende Gehälter zu zahlen, zu wachsenden Rekrutierungsproblemen. Auch zwischen der zunehmenden inneren Tertiarisierung sowie der marktorientierten Organisationsgestaltung und dem Bedarf an ingenieur- und betriebswirtschaftlichen Hochschul- und Fachhochschulabsolventen, zum Beispiel in den Bereichen Beratung, Service, Forschung, Entwicklung oder Konstruktion, besteht ein nachweisbarer und signifikant positiver Zusammenhang.

– Industrielle Anwendungen von Bio- und Nanotechnologie sowie auch – noch etwas vager – AmI-Anwendungen erfordern wegen ihrer hohen Wissensintensität und der großen Bedeutung von Forschung und Entwicklung hochqualifiziertes Personal, insbesondere natur- und ingenieurwissenschaftliches akademisches Personal sowie entsprechend ausgebildete technische Assistenz mit fachschulischer oder dualer Ausbildung. In Biotechnologieunternehmen wird sich der Personalbedarf wegen des erwarteten Wachstums und der geäußerten Expansionsabsichten bereits in mittelfristiger Perspektive von etwa fünf bis zehn Jahren in diese Richtung erhöhen und qualitativ verändern. Ähnliche Entwicklungen sind bei der industriellen Anwendung der Nanotechnologie und der AmI-Konzepte nach weiteren fünf bis zehn Jahren wahrscheinlich.

Vor dem Hintergrund der skizzierten Entwicklungen sind Bildungs-, Wirtschafts-, Mittelstands- und Arbeitsmarktpolitik gefordert, der sich mittelfristig abzeichnenden Verknappung bei ingenieur-, natur- und wirtschaftswissenschaftlich ausgebildeten Akademikern konsequent entgegenzusteuern. Dazu sind alle Möglichkeiten zur Vermeidung oder Minderung der absehbaren Engpässe auszuloten und voranzutreiben, sei es über attraktivere Studienbedingungen, Möglichkeiten der Fachkräftegewinnung aus dem Ausland, der Gewinnung von weiblichen Fachkräften oder der Steigerung und offensiven Kommunikation der Anziehungskraft herausfordernder Tätigkeiten in der Industrie im Allgemeinen. Durch entsprechend konzertierte Maßnahmen muss es gelingen, zukünftig wieder mehr junge Leute für industrierelevante Studiengänge, insbesondere im Ingenieurbereich sowie in den Natur- und Wirtschaftswissenschaften, zu begeistern.

Fachlicher Qualifikationsbedarf

Die infolge der weiteren Tertiarisierung der Industriearbeit zusätzlich geforderten Qualifikationsanforderungen unterscheiden sich nach der Art der produktbegleitenden Dienst-

leistungen. Wissensintensive Pre-Sales-Dienstleistungen, wie zum Beispiel Engineering oder Beratungsleistungen zur Produktauslegung, erfordern Ingenieurqualifikationen und erhöhen damit den Bedarf an wissenschaftlich ausgebildetem Personal. Für After-Sales-Dienstleistungen, wie Wartung, Störungsdiagnose, Inbetriebnahme oder Reparatur, sind dagegen eher breite Qualifikationen gefordert, die neben einer Facharbeiterqualifikation als Mechaniker auch Kenntnisse in Elektrik und Elektronik, Informations- und Kommunikationstechnologien sowie betriebswirtschaftliche Grundkenntnisse erfordern. Durchleuchtet man darauf hin die Lehrpläne und Ausbildungsordnungen für die industriellen Berufsbilder, so stellt man fest, dass Dienstleistungen in diesen noch eine unbedeutende Rolle spielen. Die industriellen Berufsbilder sind zumeist eher technikzentriert definiert, weshalb ein einfaches Addieren inhaltlicher Schwerpunkte zu produkt- bzw. kundenbezogenen Dienstleistungen in die Berufsbild- und Ausbildungsordnungen nicht hinreichend erscheint. Experten schlagen hier beispielsweise vor, in drei Schritten vorzugehen: In der beruflichen Erstausbildung soll die Vermittlung von Dienstleistungskompetenzen verstärkt in Zusammenhang mit technischen Sachverhalten erfolgen. Gegen Ende der Ausbildung sollten dann zielgruppenrelevante Zusatzqualifikationen zu kundenbezogenen Dienstleistungen angeboten werden. Schließlich sollten geeignete Weiterbildungskonzepte entwickelt werden, die zum Ziel haben, dass die Dienstleistungskompetenzen von den Betroffenen selbst weiterentwickelt werden können. Derzeit scheinen solche Weiterbildungsmaßnahmen in der Praxis noch selten und eher improvisiert als methodisch systematisiert aufgegriffen zu werden. An den geschilderten Anforderungen sollten daher entsprechende Überlegungen der Bildungspolitik ansetzen wie auch entsprechende Aktivitäten, die weitere Verbreitung geeigneter Konzepte in der Industrie zu beobachten und zu unterstützen.

Aus Sicht der industriellen Anwendung der Biotechnologie besteht wachsender Bedarf, die – überwiegend auf eine Tätigkeit von akademisch ausgebildetem Personal in Forschung und Entwicklung und von fachschulisch ausgebildeten Kräften in traditionellen Tätigkeitsfeldern ausgerichteten – fachlichen Qualifikationen besser auf den konkreten Bedarf in den Unternehmen abzustimmen. Zukünftig werden branchen-, produktions-, markt- und anwendungsorientierte Fachkenntnisse und berufspraktische Erfahrungen in stärkerem Maße benötigt werden, als sie derzeit im Fachkräftepool vorhanden sind. Dazu ist es unter anderem notwendig, bereits in der Ausbildung einen anwendungsorientierten Schwerpunkt zu setzen, der sich nicht nur an den Bedürfnissen der Großunternehmen, sondern auch an denen der KMU in Deutschland orientiert.

Aus der Perspektive der industriellen Anwendung der Nanotechnologie zeichnet sich ab, dass die meisten Unternehmen nicht primär ausgewiesene „Nanowissenschaftler oder -ingenieure“ benötigen, sondern vielmehr qualifizierte Naturwissenschaftler, Diplomingenieure und Informatiker mit Ankopplungskompetenz und gewissem Grundlagenwissen in der Nanotechnologie. Dabei herrscht mittlerweile Einigkeit, dass zunächst ein Grundstudium in einer der klassischen Disziplinen (wie z. B. Physik, Chemie oder Ingenieurwissenschaften) abzuschließen ist, bevor sich Studierende auf den Schwerpunkt Nanotechnologie konzentrieren. Das hierzu bereits heute existierende Angebot der Universitäten und Fachhochschulen ist zwar sehr breit, es fehlt allerdings die Vergleichbarkeit der vermittelten Inhalte bzw. der Abschlüsse, insbesondere auf europäischer Ebene. Hier gibt es noch erheblichen Gestaltungsspielraum und Koordinierungsbedarf.

Besonders deutlicher und rasch anzugehender Nachholbedarf besteht derzeit bei den mittleren Qualifikationen, also insbesondere den Facharbeitern und Technikern in den Industriebetrieben. Hier erscheint es nicht ausreichend, den Bedarf an Wissen und Fertigkeiten im Bereich der Nanotechnologie allein durch – ebenfalls noch neu zu schaffende – betriebliche Ausbildungsgänge zu decken. Vielmehr sollten hier Verbände und Kammern Möglichkeiten zur beruflichen Weiterbildung von Facharbeitern im Bereich der Nanotechnologie schaffen.

Wissensintensivierung, Verwissenschaftlichung und Wissenstransfer

Aus der zunehmenden Internationalisierung der Wertschöpfung resultiert die Anforderung, einen funktionierenden Wissenstransfer und ein „Voneinanderlernen“ zwischen den verteilten Standorten zu organisieren. Hier gibt es auch in kleinen und mittleren Unternehmen bereits Ansätze und Pilotbeispiele, dies über einzelne sogenannte „Grenzgänger“ zwischen den Standorten oder entsprechende kleine Arbeitsgruppen zu bewerkstelligen. Von zukünftiger Relevanz ist in diesem Kontext insbesondere die Aufgabe, den Know-how-Erhalt im Unternehmen zu sichern und sich gegenüber dem vielfach drohenden Know-how-Verlust durch Produktpiraterie und Prozesskopien am ausländischen Standort zu wappnen. Hier könnte die Forschungspolitik gefragt sein, intelligente Konzepte insbesondere auch zum Schutz von Prozess- und Organisationswissen zu entwikkeln, die verhindern helfen, dass Herstellungsprozesse im Ausland von lokalen Wettbewerbern einfach kopiert werden können. In diesem Bereich ist das BMBF jüngst mit einer Initiative für „Innovationen gegen Produktpiraterie“ aktiv geworden. Hier gilt es zu beobachten, ob in diesem Kontext auch entsprechende innovative Organisationskonzepte ausgelotet werden, um neben dem Produkt-Know-how auch das Prozess-Know-how effektiv vor Kopierversuchen zu schützen. Dies könnte eine erfolgversprechende Strategie sein, nach dem Grundsatz „Produkte sind einfach zu kopieren, Prozesse nicht“ innovative und wertschöpfende Tätigkeiten auch weiterhin wettbewerbsfähig von deutschen Standorten aus erbringen zu können.

Die Analysen zur industriellen Anwendung der Biotechnologie haben gezeigt, dass die häufig beschworenen „revolutionären“ Veränderungen durch die Biotechnologie nicht in dem Maße feststellbar sind, wenn man ein Zeitfenster von mehreren Jahren in den Blick nimmt. Vielmehr überwiegen inkrementelle Änderungen. Dennoch zeichnen sich zum Beispiel mit der „biobased economy“

oder der Verlagerung der Wertschöpfung auf frühere Stufen zum Beispiel in der Pflanzenzüchtung Bereiche ab, die ein Potenzial zur Substitution etablierter Industrien und einem damit verbundenen Strukturwandel aufweisen. Hier besteht grundsätzlicher Bedarf, prospektive Abschätzungen von Größenordnungen, Richtungen, Zeithorizonten oder besonders betroffenen Regionen als Basis für die Identifizierung von weiteren Handlungsoptionen durchzuführen.

Mit Blick auf die Nanotechnologie besteht bei den Experten Übereinstimmung darin, dass im Rahmen der Ausbildung frühzeitig mit Wirtschaftsunternehmen zusammengearbeitet werden müsse. Für die heute ausgebildeten Akademiker ist noch die wissenschaftliche Laufbahn (Universitäten und Forschungseinrichtungen oder in den Labors der Großunternehmen) der Standardkarrierepfad. Vor allem in reinen Anwendungsbranchen gibt es jedoch Anzeichen, dass die akademische Ausbildung im Bereich der Nanotechnologie an den konkreten Bedürfnissen, insbesondere von kleinen und mittleren Unternehmen, vorbeigeht. Hier gilt es sicherzustellen, dass ein effizienter und frühzeitiger Transfer von wissenschaftlichen Ergebnissen mit Produkt- bzw. Marktrelevanz sowie insbesondere auch der Austausch von Personal zwischen Wissenschaft und Industrie sichergestellt werden. Die im 6. EU-Forschungsrahmenprogramm und vom BMBF bereits initiierten Kooperationsprojekte wie auch die zukünftigen Vorhaben (7. RP sowie Hightech-Strategie der Bundesregierung) zeigen, dass diese Problematik erkannt und entsprechend angegangen wird. Eine Bewertung dieser Aktivitäten zu gegebener Zeit muss dann zeigen, ob die Ziele des marktfähigen Erkenntnisgewinns sowie des interinstitutionellen Personaltransfers „über Köpfe“ mit den bisherigen Instrumenten erreicht worden sind bzw. ob gegebenenfalls eine feine Rejustierung oder eine grundlegende Neuausrichtung notwendig ist.

Literatur

Aarts, E., Marzano, S. (2003): The New Everyday – Views on Ambient Intelligence. Rotterdam

Abele, E., Kluge, J., Näher, U. (Hg.) (2006): Handbuch Globale Produktion. München, Wien

Abicht, L., Freikamp, H., Schumann, U. (2006): Ermittlung von Qualifikationserfordernissen in der Nanotechnologie. Cedefop Panorama series 129, Luxemburg

Abicht, L., Schlicht, E., Schumann, U. (2005): Trendqualifikationen in der Nanotechnologie. Schlussbericht an das Bundesministerium für Bildung und Forschung, Halle

Adenauer, S. (1997): Fit für Gruppenarbeit – Ein Qualifizierungsleitfaden. Köln

Aitken, R. J., Creely, K. S., Tran, C.L. (2004): Nanoparticles: An occupational hygiene review. HSE Research Report 274, London

Alda, H., Bellmann, L. (2002): Organisatorische Veränderungen und betriebliche Beschäftigungs- und Qualifikationseffekte 1999-2001. In: Mitteilungen aus der Arbeitsmarkt- und Berufsforschung 35(4), 523–545

Aldrich, H., Herker, D. (1977): Boundary Spanning Role and Organization Structure. In: The Academy of Management Review 2(1), S. 217–230

Alexander, S. (2006): „Pilotprojekte: RFID schlägt Barcode“. In: Computerwoche 15, S. 36 f.

Allen, T., Cullis, P. R. (2004): Drug Delivery Systems: Entering the Mainstream. In: Science 303, S. 1818–1822

Altmann, N., Bechtle, G., Lutz, B. (1978): Betrieb, Technik, Arbeit: Elemente einer soziologischen Analytik technisch-organisatorischer Veränderungen. Frankfurt a. M.

Antoni, C. H. (1994): Gruppenarbeit – mehr als ein Konzept. Darstellung und Vergleich unterschiedlicher Formen der Gruppenarbeit. In: Antoni, C. H. (Hg.): Gruppenarbeit in Unternehmen. Weinheim, S. 19–48

Argyris, C. (1990): Overcoming Organizational Defenses – Facilitating Organizational Learning. Boston

Armbruster, H., Arilla, C., Butter, M., Dreher, C., Johansson, B., Jung Erceg, P., Schirrmeister, E., Stanworth, R., Warnke, P., Schmitt, S. et al. (2005a): Manufacturing Visions – Integrating Diverse Perspectives into Pan-European Foresight (ManVis). Delphi Interpretation Report, Karlsruhe

Armbruster, H., Kinkel, S., Maloca, S., Lay, G. (2005b): Techno-organisational innovation in the European manufacturing industry. European Manufacturing Survey, Bulletin 1, Karlsruhe

Armbruster, H., Kirner, E., Lay, G., Szwejczewski, M., Coriat, B., Leguehennec, C., Evangelisto, R., Pianta, M., Cozza, C. et al. (2007): Patterns of Organisational Change in European Industry (PORCH). Ways to Strengthen the Empirical Basis of Research and Policy. European Commission, Innovation Papers No. 46, Luxembourg

Arndt, R. (2006). Safety and health assessment of manufactured nanoparticles in Germany. Vortrag im Rahmen des Symposium on Chemical Safety and Nanomaterials. Wien, 1. Juni 2006

Asendorf, I., Nuber, Ch. (1987): Qualifizierte Produktionsarbeit – Die Renaissance des Facharbeiters in der industriellen Produktion? In: Malsch, R., Selz, R. (Hg.): Die neuen Produktionskonzepte auf dem Prüfstand – Beiträge zur Entwicklung der Industriearbeit. Berlin, S. 269–291

Automobil-Produktion (2005): Einblick in Echtzeit. Nr. 12/2005, S. 82

Bachmann, G. (1998): Innovationsschub aus dem Nanokosmos. Düsseldorf

Bachmann, G. (2005): Entwicklungsstand der Nanotechnologie. Vortrag im Rahmen des Workshops Standardisierungsbedarf in der Nanotechnologie am 23. Juni 2005, Frankfurt a. M.

Bachmann, R., Budde, F., Riese, J. (2004): Die dritte Welle – Die Biotechnologie erobert die Chemieindustrie. In: Chemie Ingenieur Technik 76(8), S. 1155–1158

Backes-Gellner, U., Freund, W., Kay, R., Kranzusch, P. (2000): Wettbewerbsfaktor Fachkräfte – Rekrutierungschancen und -probleme in kleinen und mittleren Unternehmen. Schriften zur Mittelstandsforschung 85 NF, Wiesbaden

Bailey, P. (2005): Nanotechnology Jobs & Education. In: NanoNews-Now 22, www.nano tech-now.com/products/nanonewsnow/issues/022/022.htm

BAuA, BfR, UBA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Bundesinstitut für Risikobewertung, Umweldbundesamt) (2006): Nanotechnologie: Gesundheits- und Umweltrisiken von Nanopartikeln. Forschungsstrategie

Bauer, F., Groß, H., Lehmann, K., Munz, E (2004): Arbeitszeit 2003. Arbeitszeitgestaltung, Arbeitsorganisation und Tätigkeitsprofile. Köln

Bauer, T. K., Bender, S. (2004): Technological change, organizational change, and job turnover. In: Labour Economics 11, S. 265–291

Bauer, W., Bullinger, H. J., Hofmann, J., Weiss, V. (2001): Die Zukunft der Arbeit: Ergebnisse einer nationalen und internationalen Expertenbefragung. Stuttgart

Baum, R. (2003): Nanotechnology: Drexler and Smalley make the case for and against ›molecular assemblers‹. In: Chemical & Engineering News 81(48), S. 37–42

Baumgartner, W., Jäckli, B., Schmithüsen, B., Weber, F. (2003): Nanotechnologie in der Medizin. TA 47/2003. Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung, Bern

Beckenbauer, B., Fleisch, E., Strassner, M. (2004): RFID Management Guide. In: Fachzeitschrift für Information Management & Consulting 19(4), S. 43–50

Beckert, B., Roloff, N. (2005): Hirnforschung und „Converging Technologies". Gutachten für das TAB im Rahmen der TA-Vorstudie zum Thema Hirnforschung, Karlsruhe

Benders, J., Huijgen, F., Pekruhl, U., O'Kelly, K. P. (1999): Useful but Unused: Group Work in Europe. Findings from the EPOC Survey. European Foundation for the Improvement of Living Conditions, Dublin

Berger, R. (Hg.) (2004): Global Footprint Design. Die Spielregeln der internationalen Wertschöpfung beherrschen. Aachen/München

Berggren, C. (1991): Von Ford zu Volvo – Automobilherstellung in Schweden. Berlin

Betz, U. A., Farquhar, R., Ziegelbauer, K. (2005): Genomics: success or failure to deliver drug targets? In: Current Opinion in Chemical Biology 9(4), S. 387–391

Bhutkar, A. (2005): Synthetic Biology: Navigating the Challenges Ahead. In: Biolaw & Business 8(2), S. 19–29

biotechnologie.de (2006): Die deutsche Biotechnologie-Branche 2006. Daten und Fakten. www.biotechnologie.de/bio/generator/Redaktion/PDF/de/umfrage/biotech-umfrage-2006,property=pdf.pdf

biotechnologie.de (2007): Die deutsche Biotechnologie-Branche 2007. Daten und Fakten. www.biotechnologie.de/bio/generator/Redaktion/PDF/de/umfrage/biotech-umfrage-2007,property=pdf.pdf

BITKOM (2005): White Paper RFID. www.bitkom.org/files/documents/White_Paper_RFID _deutsch_11. August 2005__final.pdf, abgerufen am 19.06.2006

Blind, K., Bührlen, B., Hafner, S., Menrad, K., Kotz, C., Walz, R. (2004): New Products and Services: Analysis of Regulations Shaping New Markets. European Commission, Innovation Papers No. 39, Luxembourg

BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2000): Beschäftigungspotenziale im Bereich Bio- und Gentechnologie. Bericht des Fachdialogs im Rahmen des Bündnisses für Arbeit, Ausbildung und Wettbewerbsfähigkeit. Bonn

BMBF (2001): Rahmenprogramm Biotechnologie – Chancen nutzen und gestalten. www. bmbf.de/pub/rahmenprogramm_biotechnologie.pdf

BMBF (2004): Nanotechnologie erobert Märkte: Deutsche Zukunftsoffensive für Nanotechnologie. Bonn/Berlin

BMBF (2005): Duale Ausbildung in innovativen Technologiefeldern: Hochqualifizierte Fachkräfte für unsere Zukunft. Bonn/Berlin

BMBF (2006): Die Hightech-Strategie für Deutschland. www.bmbf.de/pub/bmbf_hts_lang.pdf

BMFT (Bundesministerium für Forschung und Technologie (1980): Gruppenarbeit in der Motorenmontage – Ein Vergleich von Arbeitsstrukturen. Frankfurt a. M./New York

Bock, A. K., Ibarreta, D., Rodriguez-Cerezo, E. (2003): Human tissue-engineered products – Today's markets and future prospects. Technical Report Series, Seville

Bock, A.-K., Rodriguez-Cerezo, E., Hüsing, B., Bührlen, B., Nusser, M. (2005): Human tissue-engineered products: Potential socio-economic impacts of a new European regulatory framework for authorisation, supervision and vigilance. Technical Report Series, Seville

Bolte, K. M. (Hg.) (1983): Subjektorientierte Arbeits- und Berufssoziologie. Frankfurt a.M.

Bolten, J. (2001): Interkulturelle Kompetenz. Landeszentrale für politische Bildung, Erfurt

Borch, H., Diettrich, A., Frommberger, D., Reinisch, H., Wordelmann, P. (2003): Internationalisierung der Berufsbildung. Strategien – Konzepte – Erfahrungen – Handlungsvorschläge. Bundesinstitut für Berufsbildung (Hg.), Bielefeld

Borch, H., Frackmann, M., Weißmann, H. (2001): Mechatroniker/Mechatronikerin – Best practice. Bielefeld

Bosch, G., Kalina, T., Lehndorff, S., Wagner, A., Weinkopf, C. (2001): Zur Zukunft der Erwerbsarbeit. Hans-Böckler-Stiftung, Arbeitspapier 43, Düsseldorf

Bosch, G., Wagner, A. (2001): Dienstleistungen und Industrie. Veränderung der Beschäftigtenstruktur 1985 bis 1998 – insbesondere im Organisationsbereich der Gewerkschaften NGG, IG BAU, IG BCE, IG Metall und Transnet. Hamburg

Braun, J. (1996): Dimensionen der Organisationsgestaltung. In: Bullinger, H.-J., Warnecke, H. J. (Hg.): Neue Organisationsformen im Unternehmen. Ein Handbuch für das moderne Management. Berlin u. a. O.

Brödner, P. (1986): Fabrik 2000 – Alternative Entwicklungspfade in die Fabrik der Zukunft. Berlin

Brödner, P. (1997): Der überlistete Odysseus. Über das zerrüttete Verhältnis von Menschen und Maschinen. Berlin

Brödner, P. (2002): Flexibilität, Arbeitsbelastung und nachhaltige Arbeitsgestaltung. In: Brödner/Knuth 2002, S. 489–542

Brödner, P., Knuth, M. (Hg.) (2002): Nachhaltige Arbeitsgestaltung – Trendreports zur Entwicklung und Nutzung von Humanressourcen. München u. a. O.

Brödner, P., Lay, G. (2002): Internationalisierung, Wissensteilung, Kundenorientierung – für zukunftsfähige Arbeitsgestaltung relevante Hintergrundtrends. In: Brödner/Knuth 2002, S. 27–60

Brödner, P., Pekruhl, U. (1991): Rückkehr der Arbeit in die Fabrik. Wettbewerbsfähigkeit durch menschenzentrierte Erneuerung kundenorientierter Produktion. Institut Arbeit und Technik, Gelsenkirchen

BSI (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik) (2005): Risiken und Chancen des Einsatzes von RFID-Systemen. Bonn

Buck, H., Kistler, E., Mendius, H. G. (2002): Demographischer Wandel in der Arbeitswelt. Stuttgart

Buck, H., Schletz, A. (Hg.) (2004): Ergebnisse des Transferprojektes Demotrans. Stuttgart

Bullinger, H.-J. (Hg.) (2004): Trendbarometer Technik. München

Bullinger, H.-J., van Husen, C. (2006): Aktuelle Chancen und Trends im Servicegeschäft. In: Barkawi, K., Baader, A., Montanus, S. (2006): Erfolgreich mit After Sales Services. Berlin, S. 17–36

Bundesgesetzblatt (2004): Verordnung über die Berufsausbildung in den industriellen Metallberufen. BGBl. Teil 1 Nr. 34, 9. Juli 2004, S. 1502

Bundesregierung (2006): Antwort der Bundesregierung auf die kleine Anfrage der Abgeordneten Hans-Josef Fell, Ulrike Höfken, Priska Hinz (Herborn), weiterer Abgeordneter und der Fraktion Bündnis 90/Die Grünen – Potenziale und Risiken der Nanotechnologie. Deutscher Bundestag, Drucksache 16/2322, Berlin

Bungard, W. (1994): Gruppenarbeit: Konsequenzen für die Personalentwicklung. In: Antony, C. H. (Hg.) (1994): Gruppenarbeit in Unternehmen. Weinheim, S. 333–343

Busse, G., Paul-Kohlhoff, A., Wordelmann, P. (1997): Fremdsprachen und mehr – Internationale Qualifikationen aus der Sicht von Betrieben und Beschäftigten. Eine empirische Studie über Zukunftsqualifikationen. Bundesinstitut für Berufsbildung (Hg.), Bielefeld

Cebulla, E., Malanowski, N., Zweck, A. (2006): Hochschulangebote im Bereich Nanotechnologie. Zukünftige Technologien 59, Düsseldorf

Check, E. (2006): Synthetic biologists try to calm fears. In: Nature 441(7092), S. 388–389

Clement, U., Lacher, M. (Hg.) (2006): Produktionssysteme und Kompetenzerwerb. Stuttgart

Coenen, C. (2004): Nanofuturismus: Anmerkungen zu seiner Relevanz, Analyse und Bewertung. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 13(2), S. 78–85

Crank, M., Patel, M., Marscheider-Weidemann, F., Schleich, J., Hüsing, B., Angerer, G. (2004): Techno-economic Feasibility of Large-scale Production of Bio-based Polymers in Europe (PRO-BIP). Utrecht/Karlsruhe

Critical I (2005): Biotechnology in Europe: 2005 Comparative Study. Brussels

Critical I (2006): Biotechnology in Europe: 2006 Comparative Study. Brussels

Cuhls, K., Blind, K., Grupp, H. (Hg.) (1998): Delphi ’98 Umfrage. Studie zur globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Fraunhofer ISI, Karlsruhe

Cyranik, G., Ulich, E. (Hg.) (1993): CIM – Herausforderung an Mensch, Technik, Organisation. Stuttgart/Zürich

Dachs, B., Ebersberger, B., Kinkel, S., Waser, B. R. (2006): Offshoring of Production – A European Perspective. Frequency, Target Regions and Motives. European Manufacturing Survey, Bulletin 2, Karlsruhe

Dankbaar, B. (2006): Dreißig Jahre Politische Ökonomie der Arbeit – Oder wie Harry Braverman doch Recht bekam. In: Leviathan – Berliner Zeitschrift für Sozialwissenschaft 34(2), S. 242–269

Davies, S. (2006): Winning Combination. In: Engineering & Technology 1(2), S. 46–48

Dechema (2004): Weiße Biotechnologie: Chancen für Deutschland. Frankfurt/M.

Dickhardt, R., Dickhardt, R., Jung Erceg, P. (2005): Erhöhung der Verkaufskompetenz für produktbegleitende Dienstleistungen bei Vertriebsmitarbeitern. In: Lay/Nippa 2005, S. 193–201

Diekmann, T., Hagenhoff, S. (2006a): Einsatzgebiete von Ubiquitous Computing-Technologien entlang der betrieblichen Wertschöpfungskette. In: Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Professur für Anwendungssysteme und E-Business, Universität Göttingen, Nr. 2, Göttingen

Diekmann, T., Hagenhoff, S. (2006b): Quantitative Bewertung des RFID-Einsatzes in der Lagerhaltung auf Basis von Lagerhaltungsmodellen. In: Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Professur für Anwendungssysteme und E-Business, Universität Göttingen, Nr. 3, Göttingen

DIHK (Deutscher Industrie- und Handelskammertag) (2003): Produktionsverlagerungen als Element der Globalisierungsstrategie von Unternehmen. Ergebnisse einer Unternehmensbefragung. Berlin

DIHK (2005): Going International – Erfolgsfaktoren im Auslandsgeschäft. Erfahrungen, Lösungen und Perspektiven. DIHK und Steinbeis-Hochschule (Hg.), Berlin

DIHK (Hg.) (2006): Investitionen im Ausland – Ergebnisse einer DIHK-Umfrage bei den Industrie- und Handelskammern Frühjahr 2006. Berlin/Brüssel

DIW (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung) (1996): Keine Dienstleistungslücke in Deutschland – Ein Vergleich mit den USA anhand von Haushaltsbefragungen. In: DIW Wochenbericht 14/1998, S. 221–226

DIW (1998): Das Dienstleistungs-Puzzle – Ein aktualisierter deutsch-amerikanischer Vergleich. In: DIW Wochenbericht 35/1998, S. 625–629

Dolata, U. (1999a): Innovationsnetzwerke in der Biotechnologie? In: WSI Mitteilungen 2, S. 132–141

Dolata, U. (1999b): Hot house. Konkurrenz, Kooperation und Netzwerkbildung in der Biotechnologie. artec-paper Nr. 69, Bremen

Dominguez Lacasa, I. (2005): Exploring technological change in the German pharmaceutical industry. A history-friendly model of technological change and technology adoption in a science-based industry. Karlsruhe

Dörre, K. (2003): Das flexibel-marktzentrierte Produktionsmodell – Gravitationszentrum eines neuen Kapitalismus? In: Dörre, K., Röttger, B. (Hg.): Das neue Markregime. Konturen eines nachfordistischen Produktionsmodells. Hamburg, S. 7–34

Dostal, W., Jansen, R., Parmentier, K. (Hg.) (2000): Wandel der Erwerbsarbeit: Arbeitssituationen, Informatisierung, berufliche Mobilität und Weiterbildung. Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung 231, Nürnberg

Dreher, C., Fleig, J., Harnischfeger, M., Klimmer, M. (1995): Neue Produktionskonzepte in der deutschen Industrie: Bestandsaufnahme, Analyse und wirtschaftspolitische Implikationen. Heidelberg

Drexler, K. E. (2001): Machine-Phase Nanotechnology. In: Scientific American 285(3), S. 74–75

Drexler, K. E. (2005): Productive nanosystems: The physics of molecular fabrication. In: Physics Education 40(4), S. 339–346

Dülfer, E. (1997): Internationales Management in unterschiedlichen Kulturbereichen. München

Dürrenberger, F., Höck, J., Höhener, K. (2004): Overview of completed and ongoing activities in the field: Safety and Risks of Nanotechnology. Arbon

Eckebrecht, T. (2000): Occupational standards for the protection of employees in biotechnology. In: Int Arch Occup Environ Health 73 (Suppl. June), S. S4–S7

EGE (European Group on Ethics in Science and New Technologies) (2003): Ethische Aspekte von Gentests am Arbeitsplatz. Brüssel

EGE (2005): Opinion on Ethical Aspects of ICT Implants in the Human Body. http://eu ropa.eu.int/comm/european_group_ethics/docs/avis20en.pdf

Eichener, V., Wegge, M. (1993): Polyvalente Qualifikationsanforderungen und Qualifizierungsmaßnahmen bei Gruppenarbeit. In: Howaldt, J., Minssen, H. (Hg.): Lean, leaner … ? Die Veränderung des Arbeitsmanagements zwischen Humanisierung und Rationalisierung. Dortmund, S. 79–102

Eickenbusch, H., Hoffknecht, A., Holtmannspötter, D., Wagner, V., Zweck, A. (2003): Ansätze zur technischen Nutzung der Selbstorganisation. Zukünftige Technologien 48, Düsseldorf

Enzing, C. M., Kern, S. (2004): Industrial Biotechnology in the Netherlands. Economic Impact and Future Developments. Delft

ETC Group (The Action Group on Erosion, Technology and Concentration) (2003): The Big Down: From Genomes to Atoms. Winnipeg, www.etcgroup.org/documents/TheBig Down.pdf

Europäische Kommission (2005): Grünbuch „Angesichts des demographischen Wandels – eine neue Solidarität zwischen den Generationen“. Brüssel

European Commission (2002): Life sciences and biotechnology – A strategy for Europe. COM(2002) 27 final. http://europa.eu.int/eur-lex/en/com/cnc/2002/com2002_0027en 01.pdf

European Commission (2004): Vision 2020 – Nanoelectronics at the centre of change: A far-sighted strategy for Europe. Luxembourg

Farah, M. J., Illes, J., Cook-Deegan, R., Gardner, H., Kandel, E., King, P., Parens, E., Sahakian, B., Wolpe, P. R. (2004): Neurocognitive Enhancement: What Can We Do and What Should We Do? In: Nature Reviews Neuroscience 5(5), S. 421–425

Fath, M., Schmitz, D. (2005): Nutzung von Vertriebstagungen zur Qualifizierung für produktbegleitende Dienstleistungen. In: Lay/Nippa 2005, S. 175–182

Faust, M., Jauch, P., Brünnecke, K., Deutschmann, C. (1999): Dezentralisierung von Unternehmen. Bürokratie- und Hierarchieabbau und die Rolle betrieblicher Arbeitspolitik. München/Mering

Fecht, N. (2005): Das Ende der totalen Verkettung. In: Automobil-Produktion, Dezember 2005, S. 80

Fehre, R., Mehlis, P. (2005): Regulierung hochqualifizierter Arbeit in IT- und Biotechnologieunternehmen. Erste empirische Befunde aus dem Forschungsprojekt „Arbeitszeiten und Arbeitsformen in High-Tech-Unternehmen der ›New Economy‹“. IAW-Arbeitspapier 17, Bremen

Feynman, R. P. (1961): There’s plenty of room at the bottom. In: Gilbert, D. (Hg.): Miniaturization. New York, S. 282–296

Finegold, D., Frenkel, S. (2006): Managing people where people really matter: The management of human resources in biotech companies. In: International Journal of Human Resource Management 17(1), S. 1–24

Finkenzeller, K. (2002): RFID Handbuch. Grundlagen und praktische Anwendung induktiver Funkanlagen, Transponder und kontaktloser Chipkarten. München

Fleig, J., Schneider, R. (1995): Erfahrung und Technik in der Produktion. Berlin

Fleisch, E., Christ, O., Dierkes, M. (2005a): Die betriebswirtschaftliche Vision des Internets der Dinge. In: Fleisch/Mattern 2005, S. 3–37

Fleisch, E., Dierkes, M. (2003): „Ubiquitous Computing aus betriebswirtschaftlicher Sicht“. In: Wirtschaftsinformatik 45, Nr. 6, S. 611–620

Fleisch, E., Mattern, F. (Hg.) (2005): Das Internet der Dinge. Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis. Berlin/Heidelberg

Fleisch, E., Mattern, F., Billinger, S. (2003): Betriebswirtschaftliche Applikationen des Ubiquitous Computing. In: HMD 229 – Praxis der Wirtschaftsinformatik (40), S. 5–15

Fleisch, E., Ringbeck, J., Stroh, S., Plenge, C., Strassner, M. (2005b): From Operations to Strategy: The Potential of RFID for the Automotive Industry. In: Auto-ID Labs White Paper Series 1

Fleischer, T., Decker, M. (2005): Converging Technologies: Verbesserung menschlicher Fähigkeiten durch emergente Techniken? In: Bora, A., Decker, M., Grundwald, A., Renn, O. (Hg.): Technik in einer fragilen Welt: Die Rolle der Technikfolgenabschätzung. Gesellschaft – Technik – Umwelt, Neue Folge 7, Berlin, S. 121–132

Fouke, J., Bell, T. E., Dooling, D. (Hg.) (2000): Engineering Tomorrow: Today's Technology Experts Envision the Next Century. Piscataway

Fraunhofer ISI (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung) (2005): Manufacturing Visions – Integrating Diverse Perspectives into Pan-European Foresight (ManVis). Karlsruhe

Fraunhofer ISI, IfM (Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Institute for Manufacturing – University of Cambridge) (2002): The Future of Manufacturing in Europe 2015–2020: The Challenge for Sustainability. Strand Report: Industrial Approaches – Transformation Processes. Report to the European Commission. Karlsruhe

Fraunhofer-Gesellschaft (2005): Perspektiven für Zukunftsmärkte. München

Fraunhofer-Wissensmanagement Community (Hg.) (2005): Wissen und Information. Stuttgart

Freitas, R. A. (2006): Economic Impact of the Personal Nanofactory. In: Nanotechnology Perceptions 2, S. 15–24

Freitas, R. A., Merkle, R. C. (2004): Kinematic Self-Replicating Machines. Georgetown

Freude, G. (2004): Mit Erfahrung die Zukunft meistern. Altern und Ältere in der Arbeitswelt. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hg.), Dortmund, www. baua.de/nn_21604/de/Publikationen/Broschueren/A15,xv=vt.pdf

Friedewald, M., Roloff, N., Heinze, T., Dominguez-Lacasa, I., Reiss, T. (2006). Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich – Eine Fakten- und Potenzialanalyse im internationalen Vergleich. Unveröffentlichter Abschlussbericht an die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH, Karlsruhe

Friele, M., Fulford, B. (2004): Introduction – intervening in psychic capacities. In: Poiesis & Praxis 2(4), S. 259–262

Fuchs, M., Lanzerath, D., Hillebrand, I., Runkel, T., Balcerak, M., Schmitz, B. (2002): Enhancement. Die ethische Diskussion über biomedizinische Verbesserungen des Menschen. DRZE-Sachstandsbericht 1, Bonn

Fuchs, T., Conrads, R. (2003): Analyse der Arbeitsbedingungen, -belastungen und Beschwerden von abhängig Beschäftigten unter besonderer Berücksichtigung von flexiblen Arbeitsformen. Forschungsbericht an die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

FuTMaN (2003): The Future of Manufacturing in Europe 2015–2020: The Challenge for Sustainability. Final Report

Gaisser, S., Hoogeveen, R., Hüsing, B. (2002): Überblick über den Stand von Wissenschaft und Technik im produktionsintegrierten Umweltschutz durch Biotechnologie (PIUS-BT). Karlsruhe

Gaisser, S., Nusser, M., Reiß, T. (2005): Stärkung des Pharma-Innovationsstandortes Deutschland. Stuttgart

Galambos, L., Sturchio, J. L. (1998): Pharmaceutical firms and the transition to biotechnology: A study in strategic innovation. In: Business History Review 72(2), S. 250–278

Gambardella, A., Orsegnio, L., Pammolli, F. (2000): Global competitiveness in pharmaceuticals: a European perspective. Report prepared for the Directorate General Enterprise of the European Commission. Brussels

Gaskell, G., Allum, N., Stares, S. (2003): Europeans and Biotechnology in 2002. Eurobarometer 58.0. London, Brussels

Gaskell, G., Stares, S., Allansdottir, A., Allum, N., Corchero, C., Fischler, C., Hampel, J., Jackson, J., Kronberger, N., Mejlgaard, N., Revuelta, G., Schreiner, C., Torgersen, H., Wagner, W. (2006): Europeans and Biotechnology in 2005. Patterns and Trends. Eurobarometer 64.3. London/Brussels

Gerst, D. (1998): Selbstorganisierte Gruppenarbeit – Gestaltungschancen und Umsetzungsprobleme. Eschborn

Giarini, O., Liedtke, P. M. (1998): Wie wir arbeiten werden. Der neue Bericht an den Club of Rome. Hamburg

Giesecke, S. (2003): Technikakzeptanz durch Nutzerintegration? Beiträge zur Innovations- und Technikanalyse. Teltow

Goldmann, S. L., Nagel, R. N., Preiss, K. (1995): Agile Competitors and Virtual Organisations. Strategies for Enriching the Customers. New York

Grewer, H. G., Reindl, J. (2003): „Allein aufs Systemgeschäft und Dienstleistungen setzen, ist dummes Zeug“ – Von den Mühen des deutschen Maschinenbaus mit der Dienstleistungsorientierung. In: Pohlmann, M., Sauer, D., Trautwein-Kalms, G., Wagner, A. (Hg.): Dienstleistungsarbeit: Auf dem Boden der Tatsachen. Berlin, S. 133–186

Grupp, H. (Hg.) (1993): Technologie am Beginn des 21. Jahrhunderts. Technik, Wirtschaft und Politik, Nr. 3, Heidelberg

Grupp, H., Hüsing, B., Jaeckel, G., Koschatzky, K., Meyer, K., Strauß, E., Trösch, W., Zarske, C., Reiß, T. (1992): Potentialanalyse für Auftragsforschung in der Biotechnologie. Karlsruhe

Grupp, H., Legler, H., Licht, G. (2004): Technologie und Qualifikation für neue Märkte – Ergänzender Bericht zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2003 bis 2004. Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hg.), Bonn/Berlin

Hallwachs, U., Schiele, G. (1987): Robotereinsatz menschengerecht geplant. Planung des Industrierobotereinsatzes unter technischen, arbeits- und sozialwissenschaftlichen Gesichtspunkten. Berlin u. a. O.

Hammer, M., Champy, J. (1994): Business Re-engineering. Frankfurt

Hansmann, U. (Hg.) (2003): Pervasive Computing: the Mobile World. Berlin

Heet, H. D., Langhoff, T., Radermacher, E. (2005): Qualifizierung von Vertriebsmitarbeitern und Vertriebspartnern in Haftungsfragen produktbegleitender Dienstleistungen. In: Lay/Nippa 2005, S. 183–192

Heinrich, C. E. (2005): RFID and Beyond: Growing your Business through Real World Awareness. Indianapolis

Heinze, T. (2006): Die Kopplung von Wissenschaft und Wirtschaft: Das Beispiel der Nanotechnologie. Frankfurt a. M.

Hendry, C., Brown, J. (2006): Organizational networking in UK biotechnology clusters. In: British Journal of Management 17(1), S. 55–73

Herdt, R. W. (2006): Biotechnology in Agriculture. In: Annual Review of Environment and Resources 31(1), S. 265–295

Hering, E., Pförtsch, W., Wordelmann, P. (2001): Internationalisierung des Mittelstandes – Strategien zur internationalen Qualifizierung in kleinen und mittleren Unternehmen. Bielefeld

Hetmeier, H.-W., Göbel, W., Brugger, P. (1995): Ausgaben für biotechnologische Forschung. Stuttgart

Hett, A. (2004): Nanotechnologie: Kleine Teile – große Zukunft? Zürich

Hinze, S., Reiß, T., Dominguez Lacasa, I., Wörner, S. (2001): Einfluss der Biotechnologie auf das Innovationssystem der pharmazeutischen Industrie. Karlsruhe

Hirsch-Kreinsen, H. (1996): Restrukturierung von Unternehmen – Ziele, Formen und Probleme dezentraler Organisationen. In: Lutz, B., Hartmann, M., Hirsch-Kreinsen, H. (Hg.): Produzieren im 21. Jahrhundert. Herausforderungen für die deutsche Industrie. Ergebnisse des Expertenkreises „Zukunftsstrategien“ Band I, München, S. 195–224

Hirsch-Kreinsen, H. (2006): Erfolgreich – auch ohne (eigene) Forschung. In: VDI-Nachrichten 5. Mai 2006. Ergebnisse zum EU-Forschungsprojekt „Policy and Innovation in Low-tech (Pilot)“, Dortmund

Hoben, R. (1997): Gruppenarbeit als Kernstück schlanker Fertigung. In: Kröll, M., Schnauber, H. (Hg.): Lernen der Organisation durch Gruppen- und Teamarbeit – Wettbewerbsvorteile durch umfassende Unternehmensplanung. Berlin u. a. O., S. 13–33

Hoffknecht, A. (2003): Elektronik der Zukunft: Mini-Delphi-Studie. Technologieanalyse. Zukünftige Technologien 46, Düsseldorf

Hoffknecht, A. (Hg.) (2002): Molekularelektronik: Ergebnisse des Fachgesprächs am 26. September 2001 im VDI. Zukünftige Technologien 39, Düsseldorf

Hofstede, G. (1993): Interkulturelle Zusammenarbeit. Kulturen – Organisationen – Management. Wiesbaden

Horndasch, P. (1998): Gruppenarbeit und ihre Entwicklungsstadien – Eine Bilanzierung. Bremerhaven

Hurtz, A. (1994): Qualifizierung für Gruppenarbeit. In: Antoni, C. H. (Hg.): Gruppenarbeit in Unternehmen. Weinheim, S. 81–99

Hüsing, B., Angerer, G., Gaisser, S., Marscheider-Weidemann, F. (2003): Biotechnologische Herstellung von Wertstoffen unter besonderer Berücksichtigung von Energieträgern und Biopolymeren aus Reststoffen. Forschungsbericht 200 66 301, UBA-Texte 64/03, Berlin

Hüsing, B., Gießler, S., Jaeckel, G. (1998): Stand der Möglichkeiten von prozessintegrierten biotechnischen Präventivtechniken zur Vermeidung oder zur Verminderung von Umweltbelastungen. UBA-Texte 68/98, Berlin

Hüsing, B., Jaeckel, G., Wörner, S., Würth, A. (2000): The Introduction of Process-integrated Biocatalysts into Companies – Effect of Dynamics in Internal and External Networks. Seville

Hüsing, B., Knorr, C., Menrad, K., Strauß, E. (1995): Erhebung des Standes der Technik beim nicht beabsichtigten Umgang mit bestimmten biologischen Arbeitsstoffen aus der Sicht des Arbeitsschutzes. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Bremerhaven/Dortmund

HWWA (Hamburgisches Welt-Wirtschafts-Archiv) (1996): Globalisierung der deutschen Wirtschaft – grenzüberschreitende Produktion und Strukturwandel. Strukturbericht an das Bundeswirtschaftsministerium Bd. 26, Baden-Baden

IfaA (Institut für angewandte Arbeitswissenschaft) (Hg.) (2002): Ganzheitliche Produktionssysteme – Gestaltungsprinzipien und deren Verknüpfung. Köln/Bachem

Ishikawa, K. (1985): What is Total Quality Control? The Japanese Way. Englewood Cliffs

ISTAG (IST Advisory Group) (2001): Scenarios for Ambient Intelligence 2010. Final Report. Institute for Prospective Technological Studies (IPTS), Seville

ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors) (2005): 2005 Edition. Austin, http://public.itrs.net

ITU (International Telecommunication Union) (2005): The Internet of Things. Geneva

Jansen, R. (2000): Arbeitsbelastungen und Arbeitsbedingungen. In: Badura, B., Litsch, M., Vetter, C. (Hg.): Fehlzeiten-Report 1999: Psychische Belastung am Arbeitsplatz. Berlin/Heidelberg, S. 5–30

Jansen, R. (2004): Integration der Transpondertechnologie zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der operativen Produktionssteuerung. Chemnitz

Jung Erceg, P. (2005): Personalqualifizierungsstrategien für produktbegleitende Dienstleistungen – ein Überblick. In: Lay/Nippa 2005, S. 155–174

Jürgens, U. (1997): Rolling Back Cycle Times: The Renaissance of the Classic Assembly Line in Final Assembly. In: Shimokawa, K., Jürgens, U., Takahiro, F. (eds.) (1997): Transforming Automobile Assembly. Experience in Automation and Work Organization. Berlin u. a. O., S. 255–273

Kalmbach, P., Franke, R., Knottenbauer, K., Krämer, H. (2005): Die Interdependenz von Industrie und Dienstleistungen. Zur Dynamik eines komplexen Beziehungsgeflechts. Berlin

Karoly, L. A., Panis, C. W. A. (2004): The 21st Century at Work: Forces Shaping the Future Workforce and Workplace in the United States. Santa Monica

Kaspar, C. (2006): Überblick über RFID-Technologien und -Anwendungen. In: Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Professur für Anwendungssysteme und E-Business, Universität Göttingen, Nr. 8, Göttingen

Kern, H., Schumann, M. (1984): Das Ende der Arbeitsteilung? Rationalisierung in der industriellen Produktion: Bestandsaufnahme, Trendbestimmung. München

Kieser, A. (1996): Moden & Mythen des Organisierens. In: Die Betriebswirtschaft 56(1), S. 21–39

Kinkel, S. (Hg.) (2004): Erfolgsfaktor Standortplanung. In- und ausländische Standorte richtig bewerten. Berlin

Kinkel, S., Breitschopf, B., Maloca, S., Som, O. (2006): Stand und Entwicklung der produktionstechnischen Wirtschaft und Wissenschaft. Bericht zum Arbeitspaket 3 der Ex-post Evaluation des Forschungsprogramms „Forschung für die Produktion von morgen“ für die Jahre 1999 bis 2004. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe

Kinkel, S., Jung Erceg, P., Lay, G. (2002): Auslandsproduktion – Chance oder Risiko für den Produktionsstandort Deutschland? Mitteilungen aus der Produktionsinnovationserhebung Nr. 26. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Hg.), Karlsruhe

Kinkel, S., Lay, G. (2000): Internationale Präsenz der deutschen Investitionsgüterindustrie. Kooperationen als Schlüssel zur Globalisierung. Mitteilungen aus der Produktionsinnovationserhebung Nr. 16. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Hg.), Karlsruhe

Kinkel, S., Lay, G. (2004a): Produktionsverlagerungen unter der Lupe. Entwicklungstrends bei Auslandsverlagerungen und Rückverlagerungen deutscher Firmen. Mitteilungen aus der Produktionsinnovationserhebung Nr. 34. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Hg.), Karlsruhe

Kinkel, S., Lay, G. (2004b): Motive, strategische Passfähigkeit und Produktivitätseffekte des Aufbaus ausländischer Produktionsstandorte: Ergebnisse einer repräsentativen Erhebung bei 1630 Betrieben des deutschen Verarbeitenden Gewerbes. In: ZfB Zeitschrift für Betriebswirtschaft 74(5), S. 415–440

Kinkel, S., Lay, G., Maloca, S. (2004): Produktionsverlagerungen ins Ausland und Rückverlagerungen. Bericht zum BMF-Forschungsauftrag Nr. 8/04. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Hg.), Karlsruhe

Kinkel, S., Wengel, J. (1998): Produktion zwischen Globalisierung und regionaler Vernetzung. Mit der richtigen Strategie zu Umsatz- und Beschäftigungswachstum. Mitteilungen aus der Produktionsinnovationserhebung Nr. 10. Fraunhofer Institut für System und Innovationsforschung, Karlsruhe

Kinkel, S., Zanker, C. (Hg.) (2006): Internationale Produktions- und Standortstrategien deutscher Automobilzulieferer – Erfolgsmuster und neue Ansätze für fundierte und zukunftsorientierte Standortentscheidungen. Heidelberg

Kircher, M. (2006): White Biotechnology: Ready to partner and invest in. In: Biotechnology 17(1), S. 787–794

Kirner, E. (2005): Arbeit in neue Unternehmensstrukturen – Eine empirische Untersuchung zu Arbeit in Kooperationen produzierender Unternehmen unter besonderer Berücksichtigung von „boundary spanners“. Dissertation, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung. ISI-Schriftenreihe Innovationspotenziale, Dortmund

Knoblach, B. (1999): Grenzgänger – Ein neuer Arbeitskräftetypus? Diplomarbeit, Ludwig-Maximilians-Universität, München

Köhler, M. (2001): Nanotechnologie: Eine Einführung in die Nanostrukturtechnik. Weinheim

Kordey, N., Korte, W. B. (2001): Telearbeit – ein Vorgeschmack auf die Zukunft der Arbeit. Status Quo und Potenzial in Deutschland und Europa. In: Gora, W., Bauer, H. (Hg.): Virtuelle Organisationen im Zeitalter von E-Business und E-Government. Einblicke und Ausblicke. Berlin, S. 225–239

Kratzer, N. (2003): Arbeitskraft in Entgrenzung. Grenzenlose Anforderungen, erweiterte Spielräume, begrenzte Ressourcen. Düsseldorf

Krieger, H., Fröhlich, D. (1998): Gibt es bei den neuen Formen der Arbeitsorganisation in Deutschland eine Modernisierungslücke? In: WSI Mitteilungen 3, S. 153–164

Kriegesmann, B., Kerka, F., Sieger, C. A. (2005): Zukunftsperspektiven der Biotechnologie – Nur Umsetzungseliten schaffen Wachstum. Innovation: Forschung und Management Bd. 24, Bochum

Krug, H. F., Kern, K., Diabaté, S. (2004): Toxikologische Aspekte der Nanotechnologie. Versuch einer Abwägung. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 13(2), S. 58–64

Kühl, S. (2000): Grenzen der Vermarktlichung. Die Mythen um unternehmerisch handelnde Mitarbeiter. In: WSI Mitteilungen 12, S. 818–828

Kuhlmann, M., Sperling, H. J., Balzert, S. (2004): Konzepte innovativer Arbeitspolitik. Berlin

Lacher, M. (2000): Gruppenarbeit in der Automobilindustrie – Zwischen Teilautonomie und Neuorientierung. In: ARBEIT 9(4), S. 133–141

Latniak, E. (2005): Auf der Suche nach Verteilungs- und Gestaltungsspielräumen – Eine Bilanz der Organisationsveränderungen seit den 90er Jahren. IAT Arbeitspapier. Gelsenkirchen

Latniak, E., Kinkel, S., Lay, G. (2002): Dezentralisierung in der deutschen Investitionsgüterindustrie. Verbreitung und Effekte ausgewählter organisatorischer Elemente. In: ARBEIT 11(2), S. 143–160

Lauterwasser, C. (2005): Opportunities and risks of Nanotechnologies. Report in co-operation with the OECD Futures Programme. London/Ismaning

Lay, G. (1998): Dienstleistungen in der Investitionsgüterindustrie – Konsequenzen für Betriebsorganisation und Personal. In: ARBEIT 7(4), S. 316–337

Lay, G. (2006): Arbeitsorganisation im Kontext neuer Produktionskonzepte. In: Clement, U., Lacher, M. (Hg.): Produktionssysteme und Kompetenzerwerb: Zu den Veränderungen moderner Arbeitsorganisationen und ihren Auswirkungen auf die berufliche Bildung. Stuttgart, S. 31–42

Lay, G., Jung Erceg, P. (2002): Produktbegleitende Dienstleistungen – Konzepte und Beispiele erfolgreicher Strategieentwicklung. Berlin

Lay, G., Maloca, S. (2004): Innovationen in der Produktion 2003. Dokumentation der Umfrage des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe

Lay, G., Maloca, S., Wallmeier, W. (2002): Innovationen in der Produktion 2001. Dokumentation der Umfrage des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe

Lay, G., Mies, C. (Hg.) (1997): Erfolgreich reorganisieren. Berlin

Lay, G., Neuhaus, R. (2005): Ganzheitliche Produktionssysteme – Fortführung von Lean Production? In: angewandte Arbeitswissenschaft 185, S. 32–47

Lay, G., Nippa, M. (Hg.) (2005): Management produktbegleitender Dienstleistungen: Konzepte und Praxisbeispiele für Technik, Organisation und Personal in serviceorientierten Industriebetrieben. Heidelberg

Lay, G., Rainfurth, C. (2001): Aktionsfelder für das Service Management in der Investitionsgüterindustrie. In: Industriemanagement 2, S. 9–12

Lay, G., Rainfurth, C. (2002): Zunehmende Integration von Produktions- und Dienstleistungsarbeit. In: Brödner/Knuth 2002, S. 61–122

Lay, G., Rainfurth, C., Schneider, R., Wallmeier, W. (2000): Beschäftigungschancen durch Integration von Produkt und Dienstleistung. Eschborn

Lay, G., Shapira, P., Wengel, J. (eds.) (1999): Innovation in Production – The Adoption and Impacts of New Manufacturing Concepts in German Industry. Technik, Wirtschaft und Politik Bd. 8, ISI-Schriftenreihe, Karlsruhe

Legler, H., Gehrke, B., Grupp, H., Licht, G., Frietsch, R., Schmoch, U., Gauch, S., Blind, K. (2005): Zur technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2005. Deutschland. Das von morgen. Bundestministerium für Bildung und Forschung (Hg.), Bonn/Berlin

Lenhardt, U., Priester, K. (2005): Flexibilisierung – Intensivierung – Entgrenzung: Wandel der Arbeitsbedingungen und Gesundheit. In: WSI Mitteilungen 9, S. 491–497

Lenske, W., Werner, D. (2000): Globalisierung und internationale Berufskompetenz. Köln

Lentz, R. (2004): Technologietransfer Nanotechnologie in/mit hessischen Unternehmen. Vortrag im Rahmen des Nanotechnologieforum am 17. November 2004, Hessen/Hanau

Lheureux, K., Libeau-Dulos, M., Nilsagard, H., Cerezo, E. R., Menrad, K., Menrad, M., Vorgrimmler, D. (2003): Review of GMOs under Research and Development and in the Pipeline in Europe. Seville

Löffler, R., Sofsky, W. (1986): Macht, Arbeit und Humanität – zur Pathologie organisierter Arbeitssituationen. Göttingen

Luczak, H. (1998): Arbeitswissenschaft. Heidelberg

Luczak, H. (1999): Servicemanagement mit System – Erfolgreiche Methoden für die Investitionsgüterindustrie. Berlin

Luczak, H., Volpert, W., Raeithel, A., Schwier, W. (1989): Arbeitswissenschaft. Kerndefinition – Gegenstandskatalog – Forschungsgebiete. Eschborn

Luther, W. (Hg.) (2004): Industrial application of nanomaterials – chances and risks. VDI-Technologiezentrum, Technological Analysis 54, Düsseldorf

Luther, W., Bachmann, G., Zweck, A. (2006): Kommerzialisierung der Nanotechnologie: Analyse der Erfolgsfaktoren und Rahmenbedingungen. Zukünftige Technologien 65, Düsseldorf

Luther, W., Malanowski, N., Bachmann, G., Hoffknecht, A., Holtmannspötter, D., Zweck, A. (2004): Nanotechnologie als wirtschaftlicher Wachstumsmarkt. Zukünftige Technologien 53, Düsseldorf

Malsch, I., Oud, M. (2004): Outcome of the Open Consultation on the European Strategy for Nanotechnology. European Nanotechnology Gateway, www.nanoforum.org

Malsch, T., Selz, R. (Hg.) (1987): Die neuen Produktionskonzepte auf dem Prüfstand – Beiträge zur Entwicklung der Industriearbeit. Berlin

Mark, D. (2005): Nanomaterials – a risk to health at work? First International Symposium on Occupational Health Implications of Nanomaterials, 12.–14. Oktober 2004, Buxton

Marris, C., Wynne, B., Simmons, P., Weldon, S. (2001): Public Perceptions of Agricultural Biotechnologies in Europe. Final Report of the PABE research project, funded by the European Commission, Lancaster

Marscheider-Weidemann, F., Hüsing, B. (2004): Abfallvermeidung bei Produktionen für organische Spezialchemikalien durch den Einsatz hochspezifischer Katalysatoren. Forschungsbericht 201 94 313, UBA-Texte 21/04, Berlin

Martin, H. (Hg.) (1995): CeA – Computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit. Berlin u. a. O.

Mattern, F. (2005): Die technische Basis für das Internet der Dinge. In: Fleisch/Mattern 2005, S. 39–66

Maynard, A. D., Baron, P. A., Foley, M. et al. (2004): Exposure to carbon nanotube material: aerosol release during the handling of unrefined single-walled carbon nanotube material. In: Journal of Toxicology and Environmental Health A 67(1), S. 87–107

Maynard, A. D., Kuempel, E. D. (2005): Airborne nanostructured particles and occupational health. In: Journal of Nanoparticle Research 7, S. 587–614

McDaniel, R., Weiss, R. (2005): Advances in synthetic biology: On the path from prototypes to applications. In: Current Opinion in Biotechnology 16(4), S. 476–483

McGuire, G. Q., McGee, E. M. (1999): Implantable brain chips? Time for debate. In: Hastings Center Report 29(1), S. 7–13

McKinsey, PTW (2005): How to go global. Designing and Implementing Global Production Networks – Results of the ProNet Initiative. McKinsey & Company (Hg.), Düsseldorf

Meil, P. (Hg.) (1996): Globalisierung industrieller Produktion – Strategien und Strukturen. Ergebnisse des Expertenkreises „Zukunftsstrategien“ Band II., ISF, München

Melski, A. (2006): Grundlagen und betriebswirtschaftliche Anwendung von RFID. In: Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Professur für Anwendungssysteme und E-Business, Universität Göttingen, Nr. 11, Göttingen

Menrad, K., Blind, K., Frietsch, R., Hüsing, B., Nathani, C., Reiß, T., Strobel, O., Walz, R., Zimmer, R. (2003a): Beschäftigungspotenziale in der Biotechnologie. Karlsruhe

Menrad, K., Gaisser, S., Hüsing, B., Menrad, M. (2003b): Gentechnik in der Landwirtschaft, Pflanzenzucht und Lebensmittelproduktion. Stand und Perspektiven. Heidelberg

Menrad, K., Frietsch, R. (2006): Zukünftige Ausstrahlung der Biotechnologie auf die Beschäftigung in Deutschland. In: Schmollers Jahrbuch 126(1), S. 83–107

Meyer-Krahmer, F., Schmoch, U. (1998): Science-based technologies: University-industry interactions in four fields. In: Research Policy 27(8), S. 835–851

Mittelstraß, J. (2003): Transdisziplinarität: Wissenschaftliche Zukunft und institutionelle Wirklichkeit. Konstanzer Universitätsreden 214, Konstanz

Moldaschl, M. (1998): Internalisierung des Marktes. In: SOFI, IfS, ISF, INIFES (Hg.): Jahrbuch Sozialwissenschaftliche Technikberichterstattung 1997. Schwerpunkt: Moderne Dienstleistungswelten, S. 197–250

Moldaschl, M., Voß, G. G. (Hg.) (2002): Subjektivierung von Arbeit. München

Müller, S., Kornmeier, M. (2002): Strategisches Internationales Management – Internationalisierung der Unternehmenstätigkeit. München

Murray, F. (2004): The role of academic inventors in entrepreneurial firms: Sharing the laboratory life. In: Research Policy 33(4), S. 643–659

National Science Foundation (2002): Converging technologies for improving human performance – Nanotechnology, biotechnology, information technology and cognitive science. Washington DC

Nationaler Ethikrat (2005): Prädiktive Gesundheitsinformationen bei Einstellungsuntersuchungen. Stellungnahme, Berlin

Nedeß, C., Meyer, S. (2001): Quo vadis Gruppenarbeit? In: angewandte Arbeitswissenschaft 167, S. 1–15

Niehoff, W., Reitz, G. (2001): Going Global – Strategien, Methoden und Techniken des Auslandsgeschäfts. Berlin u. a. O.

NISTEP (National Institute of Science and Technology Policy, Science and Technology Foresight Center) (2001): The Seventh Technology Foresight – Future Technology in Japan toward the year 2030., Japan

Nordhause-Janz, J., Pekruhl, U. (2000): Managementmethoden oder Zukunftskonzepte? Zur Entwicklung von Arbeitsstrukturen und von Gruppenarbeit in Deutschland. In: Nordhause-Janz, J., Pekruhl, U. (Hg.): Arbeiten in neuen Strukturen? München, S. 13–68

Nusser, M., Soete, B., Wydra, S. (Hg.) (2007): Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigungspotenziale der Biotechnologie in Deutschland. Hans-Böckler-Stiftung Bd. 197, Düsseldorf

Oberdörster, E. (2004): Manufactured Nanomaterials (Fullerenes, C60) Induce Oxidative Stress in the Brain of Juvenile Largemouth Bass. In: Environmental Health Perspectives 112(10), S. 1058–1062

Oberdörster, G., Maynard, A., Donaldson, K. et al. (2005): Principles for Characterizing the Potential Human Health Effects from Exposure to Nanomaterials: Elements of a Screening Strategy. In: Particle and Fibre Toxicology 2(8), www.particleandfibretoxi cology.com/content/2/1/8

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (1998): Biotechnologie für umweltverträgliche industrielle Produkte und Verfahren. Wege zur Nachhaltigkeit in der Industrie. Paris

OECD (2001): The Application of Biotechnology to Industrial Sustainability. Paris

OECD (2004): OECD in Figures – 2004 edition. Paris

OECD (2005a): International Direct Investment Database 2005. Paris

OECD (2005b): OECD in Figures – 2005 edition. Paris

OECD (2005c): A framework for biotechnology statistics. Paris

OECD (2006a): Innovation in Pharmaceutical Biotechnology. Comparing national innovation systems at the sectoral level. Paris

OECD (2006b): OECD Biotechnology Statistics – 2006. Paris

Orglinea (Orglinea Research) (Hg.) (2004): Globale Perspektiven für das Verarbeitende Gewerbe. Von den heutigen Potenzialen zum Patchwork in 2020. Stuttgart

Orthen, B., Arndt, R., Gundert-Remy, U. et al. (2006): Nanotechnologie – Gesundheits- und Umweltrisiken von Nanopartikeln: Forschungsstrategie (Entwurf). Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Bundesinstitut für Risikobewertung, Umweltbundesamt, Berlin

Patel, M., Crank, M., Dornburg, V., Hermann, B., Roes, L., Hüsing, B., Overbeek, L., Terragni, F., Recchia, E. (2006): Medium and Long-term Opportunities and Risks of the Biotechnological Production of Bulk Chemicals from Renewable Resources – The Potential of White Biotechnology. Utrecht

Perlitz, M. (2000): Internationales Management. Stuttgart

Pfeiffer, S. (2000): Teleservice im Werkzeugmaschinenbau – Innovationsparadoxien und Negation von Erfahrungswissen. In: ARBEIT 4, Sonderdruck, S. 293–305

Phoenix, C. (2004): Studying Molecular Manufacturing. In: IEEE Technology and Society Magazine 23(4), S. 41–47

Picot, A., Hess, T. (2005): Geschäftsprozessmanagement im Echtzeitunternehmen. In: Kuhlin, B., Thielmann, H. (Hg.): Real-Time Enterprise in der Praxis: Fakten und Ausblick. Berlin, S. 31–49

Piore, M. J., Sable, C. F. (1984): The Second Industrial Divide. New York

Pohlmann, E. G., Bödcher, A., Zühlke, D. (2005): SmartFactory – Informationstechnik für die Fabrik der Zukunft. In: atp 47(12), S. 48–52

Pongratz, H., Voß, G. G. (2003): Arbeitskraftunternehmer. Erwerbsorientierungen in entgrenzten Arbeitsformen. Berlin

Pröll, U., Gude, D. (2003): Gesundheitliche Auswirkungen flexibler Arbeitsformen – Risikoabschätzung und Gestaltungsanforderungen. Bremerhaven

Propping, P., Aretz, S., Schumacher, J., Taupitz, J., Guttmann, J., Heinrichs, B. (2006): Prädiktive genetische Testverfahren. Naturwissenschaftliche, rechtliche und ethische Aspekte. Ethik in den Biowissenschaften – Sachstandsberichte des DRZE Bd. 2, Freiburg/München

Punie, Y. (2005): The Future of Ambient Intelligence in Europe: the Need for More Everyday Life. In: Communications and Strategies 57, S. 141–165

Rainfurth, C. (2003): Dienstleistungsarbeit im produzierenden Maschinenbau. Eine Analyse am Beispiel von kleinen und mittleren Unternehmen. Stuttgart

Rainfurth, C., Tegtmeyer, S., Lay, G. (2005): Effiziente Organisation produktbegleitender Dienstleistungen – ein Überblick. In: Lay/Nippa 2005, S. 1100–1119

Reichardt, W. (2006): Anwendungen von Gendiagnostik und Gentechnik in der Tierproduktion – eine Literaturstudie. Jena

Reichwald, R., Koller, H. (1996): Integration und Dezentralisierung von Unternehmensstrukturen. In: Lutz, B., Hartmann, M., Hirsch-Kreinsen, H. (Hg.) (1996): Produzieren im 21. Jahrhundert. Herausforderungen für die deutsche Industrie. Ergebnisse des Expertenkreises „Zukunftsstrategien“ Band I, München

Reiss, T., Gaisser, S., Buehrlen, B., Enzing, C., van der Giessen, A., Arundel, A., Bordoy, C., Cozzens, S., Catalán, P., Gatchair, S., Ordónez, G. (2006): Consequences, opportunities and challenges of modern biotechnology for Europe (Bio4EU) – Task 1: A preparatory study mapping modern biotechnology applications and industrial sectors, identifying data needs and developing indicators. Brussels

Reiss, T., Hinze, S. (2004): The biopharmaceutical innovation system in Germany – OECD case study on structure, performance, innovation barriers and drivers. Stuttgart

Reuscher, G., Holtmannspötter, D. (2004): Quantenoptik: Anwendung nichtklassischen Lichts. Technologieanalyse. Zukünftige Technologien 49, Düsseldorf

Ricke, D. O., Wang, S., Cai, R., Cohen, D. (2006): Genomic approaches to drug discovery. In: Current Opinion in Chemical Biology 10(4), S. 303–308

Riedel, C. (1999): Organisatorischer Wandel durch Globalisierung. Berlin/Heidelberg

Ringlstetter, M. (1994): Aufgaben eines Humanressourcen-Managements in internationalen Unternehmen. In: Schuster, L. (Hg.): Die Unternehmung im internationalen Wettbewerb. Berlin, S. 233–252

Rittner, M. N. (2002): Market Analysis for Nanostructured Materials. In: American Ceramics Society Bulletin 81(3), S. 33–36

Roco, M. C., Bainbridge, W. S. (eds.) (2003): Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science. Dordrecht

Roijakkers, N., Hagedoorn, J. (2006): Inter-firm R&D partnering in pharmaceutical biotechnology since 1975: Trends, patterns, and networks. In: Research Policy 35(3), S. 431–446

Salo, A., Cuhls, K. (Hg.) (2003): Journal of Forecasting – Special Issue on Technology Foresight 22, S. 79–276

SAP (2004): SAP-Lösungen mit RFID finden steigende Verbreitung. www.sap.com/germany/company/press/archive/press_show.epx?ID=1642

Sauer, D. (2005): Arbeit im Übergang. Eine Standortbestimmung. Hamburg

Sauer, D., Hirsch-Kreinsen, H. (Hg.) (1996): Zwischenbetriebliche Arbeitsteilung und Kooperation. Ergebnisse des Expertenkreises „Zukunftsstrategien" Bd. III, München

SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks) (2006): Modified opinion on the appropriateness of existing methodologies to assess the potential risks associated with engineered and adventitious products of nanotechnologies. Adopted by the SCENIHR during the 10th plenary meeting, 10. März 2006, Brussels

Schirrmeister, E., Warnke, P., Dreher, C. (2003): Untersuchung über die Zukunft der Produktion in Deutschland. Sekundäranalyse von Vorausschau Studien für den europäischen Vergleich. Abschlussbericht an den Projektträger Produktion und Fertigungstechnologien, Karlsruhe

Schmidt, N. (2000): Tertiarisierung – Ende der Industriegewerkschaften? Zum Verhältnis von Industriesektor und industriellen Dienstleistungen. In: Peters, J. (Hg.): Dienstleistungs@rbeit in der Industrie. Hamburg, S. 20–49

Schönberger, K., Springer, S. (Hg.) (2003): Subjektivierte Arbeit. Mensch, Organisation und Technik in einer entgrenzten Arbeitswelt. Frankfurt a. M.

Schuh, G., Friedli, T., Gebauer, H. (2004): Fit for Service: Industrie als Dienstleister. München

Schüler, J. (2006): Zurück in die Zukunft – Deutscher Biotechnologie-Report 2006. Mannheim

Schüler, J., Bauer, S., Oldenettel, I. (2004): Per Aspera Ad Astra. „Der steinige Weg zu den Sternen" – Deutscher Biotechnologie-Report 2004. Mannheim

Schüler, J., Ullerich, L., Oldenettel, I., Dunzweiler, N. (2005): Kräfte der Evolution – Deutscher Biotechnologie-Report 2005. Mannheim

Schulte, A. (2002): Das Phänomen der Rückverlagerung. Internationale Standortentscheidungen kleiner und mittlerer Unternehmen. Wiesbaden

Schumann, M. (1997): Die deutsche Automobilindustrie im Umbruch. In: WSI-Mitteilungen 4, S. 217–227

Schummer, J. (2004): Interdisciplinary Issues in Nanoscale Research. In: Baird, D., Nordmann, A. et al. (Hg.): Discovering the Nanoscale. Amsterdam, S. 9–20

Seifert, H. (2005): Vom Gleitzeit- zum Langzeitkonto. In: WSI Mitteilungen 6, S. 308-313

Senft, S., Kohlgrüber, M. (1997): Arbeitsorganisation. In: Lay/Mies 1997, S. 91–114

Service, R. F. (2005): Calls Rise for More Research on Toxicology of Nanomaterials. In: Science 310(5754), S. 1609

Silberglitt, R., Antón, P. S., Howell, D. R. et al. (2006): The Global Technology Revolution 2020, In-Depth Analyses: Bio/Nano/Materials/Information – Trends, Drivers, Barriers, and Social Implications. RAND Technical Report 303, Santa Monica

Smalley, R. E. (2001): Of Chemistry, Love and Nanobots. In: Scientific American 285(3), S. 76–77

Spöttl, G., Hecker, O., Holm, C., Windelband, L. (2003): Dienstleistungsaufgaben sind Facharbeit – Qualifikationsanforderungen für Dienstleistungen des produzierenden Gewerbes. Bielefeld

Springer, R. (1999): Rückkehr zum Taylorismus? Arbeitspolitik in der Automobilindustrie am Scheideweg. Frankfurt a.M.

Stahl, G. K. (1998): Internationaler Einsatz von Führungskräften. München/Wien

Statistisches Bundesamt (2002a): Mikrozensus 2001, Wiesbaden

Statistisches Bundesamt (2002b): Unternehmen der Biotechnologie in Deutschland. Ergebnisse einer Pilotstudie für das Jahr 2000. Wiesbaden

Statistisches Bundesamt (2003): Unternehmen der Biotechnologie in Deutschland. Wiesbaden

Statistisches Bundesamt (2004): Produktbegleitende Dienstleistungen 2002 bei Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes und des Dienstleistungssektors. Wiesbaden

Statistisches Bundesamt (2005): Unternehmen der Biotechnologie in Deutschland. Ergebnisse der Wiederholungsbefragung 2004. Wiesbaden

Steger, U. (Hg.) (1998): Wirkmuster der Globalisierung – Nichts geht mehr, aber alles geht. Bericht des Ladenburger Kollegs „Globalisierung verstehen und gestalten". Gottlieb Daimler- und Karl Benz-Stiftung, Ladenburg

Steinich, S. (2005): Personalentwicklung bei Servicemitarbeitern. In: Lay/Nippa 2005, S. 203–210

Stooß, F. (1996): Die Arbeitslandschaft von morgen. In: Der Berufsreport – Daten, Fakten, Prognosen zu allen wichtigen Berufen. Der Arbeitsmarkt in Deutschland – das aktuelle Handbuch. Berlin, S. 28–33

Strassner, M. (2005): RFID im Supply Chain Management: Auswirkungen und Handlungsempfehlungen am Beispiel der Automobilindustrie. Wiesbaden

Suarez-Villa, L., Walrod, W. (2003): The collaborative economy of biotechnology: Alliances, outsourcing and R&D. In: International Journal of Biotechnology 5(3–4), S. 402–438

TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (2000a): Klonen von Tieren (Revermann, C., Hennen, L.). Endbericht, TAB-Arbeitsbericht Nr. 65, Berlin

TAB (2000b): Stand und Perspektiven der genetischen Diagnostik (Autoren: Hennen, L., Petermann, T., Sauter, A). Sachstandsbericht, TAB-Arbeitsbericht Nr. 66, Berlin

TAB (2003): Nanotechnologie (Autoren: Paschen, H., Coenen, C., Fleischer, T., Grünwald, R., Oertel, D., Revermann, C.). Endbericht, TAB-Arbeitsbericht Nr. 92, Berlin

TAB (2005): Grüne Gentechnik – transgene Pflanzen der 2. und 3. Generation (Autoren: Sauter, A. unter Mitarbeit von Hüsing, B.). Endbericht, TAB-Arbeitsbericht Nr. 104, Berlin

TAB (2007): Hirnforschung (Autoren: Hennen, L., Grünwald, R., Revermann, C., Sauter, A.). Endbericht, TAB-Arbeitsbericht Nr. 117, Berlin

Tellkamp, C., Quiede, U. (2005): Einsatz von RFID in der Bekleidungsindustrie – Ergebnisse eines Pilotprojekts von Kaufhof und Gerry Weber. In: Fleisch/Mattern 2005, S. 143–160

The Royal Society (2004): Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties. RS Policy Document 19/04, London

Thiesse, F., Dierkes, M., Fleisch, E. (2006): LotTrack: RFID-Based Process Control in the semiconductor Industry. In: Pervasive Computing 5(1), S. 47–53

Tran, C. L., Donaldson, K., Stones, V. et al. (2005): A scoping study to identify hazard data needs for addressing the risks presented by nanoparticles and nanotubes. Edinburgh

Tucker, J. B., Zilinskas, R. A. (2006): The Promise and Perils of Synthetic Biology. In: The New Atlantis 12, S. 25–45

von Behr, M. (Hg.) (2002): Erhöhung der Globalisierungsfähigkeit kleiner und mittlerer Unternehmen. Ergebnisse aus dem Verbundvorhaben ErGo. ISF aktuell, München

von Behr, M., Hirsch-Kreinsen, H. (Hg.) (1998): Globale Produktion und Industriearbeit. Arbeitsorganisation und Kooperation in Produktionsnetzwerken. ISF, München

von Behr, M., Semlinger, K. (Hg.) (2004): Internationalisierung kleiner und mittlerer Unternehmen. Neue Entwicklungen bei Arbeitsorganisation und Wissensmanagement. ISF, München

Voß, G. G., Pongratz, H. J. (1998): Der Arbeitskraftunternehmer. Eine neue Grundform der „Ware Arbeitskraft“? In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 50(1), S. 131–158

Wagner, V., Zweck, A. (2005): Nanobiotechnology in the medical sector – Drivers for development and possible impacts. Unveröffentlichte Berichte für WP1 (Current status of nanobiotechnology for medical applications in Europe) und WP2 (Identification of the main drivers and challenges for medicinal nanobiotechnology and its impact on the medical sector). Düsseldorf

Want, R. (2006): An Introduction to RFID Technology. In: Pervasive Computing 5(1), S. 25–33

Warnecke, H. J. (1992): Die Fraktale Fabrik. Revolution der Unternehmenskultur. Berlin

Weber, W., Kabst, R. (2000): Internationalisierung mittelständischer Unternehmen – Organisationsformen und Personalmanagement. In: Gutmann, J., Kabst, R. (Hg.): Internationalisierung im Mittelstand. Wiesbaden, S. 3–89

Weber, W. G. (1999): Gruppenarbeit in der Produktion. In: Zölch, M., Weber, W. G., Leder, L. (Hg.): Praxis und Gestaltung kooperativer Arbeit. Mensch, Technik, Organisation. Bd. 23, Zürich, S. 13–69

Weiser, M. (1991): The Computer for the 21st Century. In: Scientific American 265(3), S. 66–75

Wengel, J., Lay, G., Pekruhl, U., Maloca, S. (2002): Verbreitung innovativer Arbeitsgestaltung. Stand und Dynamik des Einsatzes im internationalen Vergleich. München

Wildemann, H. (2005): Unternehmensstandort Deutschland – Wege zu einer wettbewerbsfähigen Wertschöpfungsgestaltung. Eine empirische Studie. München

Williams, D. J., Sebastine, I. M. (2005): Tissue engineering and regenerative medicine: Manufacturing challenges. In: IEE Proceedings: Nanobiotechnology 152(6), S. 207–210

Willke, G. (1999): Die Zukunft unserer Arbeit. Frankfurt a.M.

Wolpe, P. R. (2002): Treatment, enhancement, and the ethics of neurotherapeutics. In: Brain and Cognition 50(3), S. 387–395

Womack, J. P, Jones, D. T., Roos, D. (1990): Die zweite Revolution in der Automobilindustrie. Frankfurt a. M./ New York

Wordelmann, P. (Hg.) (1995): Internationale Qualifikationen – Inhalte, Bedarf und Vermittlung. Bundesinstitut für Berufsbildung (Hg.), Bielefeld

Wright, D., Gutwirth, S., Friedewald, M., Punie, Y., Vildjiounaite, E. (Hg.) (2008): Safeguards in a World of Ambient Intelligence. Dordrecht, im Erscheinen

WTO (World Trade Organization) (2001): International Trade Statistics 2001. Genf

WTO (2005): International Trade Statistics 2005. Genf

Zahn, E., Soehnle, K. (1996): Auswirkungen des Outsourcing von Dienstleistungen in der Region Stuttgart. IHK Region Stuttgart (Hg.), Stuttgart

Anhang

1. Tabellenverzeichnis

2. Abbildungsverzeichnis

3. Übersichten

Tabelle A1

Anzahl der Antworten der Delphi-Erhebung „Manufacturing Visions“ (ManVis)

	Anzahl der Antworten in der 1. Runde	Anzahl der Antworten in der 2. Runde
Europa	3 121	1 359
Industrie	1 709	694
Forschung	1 047	490
Politik	267	140
ohne Zuordnung	98	35
Deutschland	493	143
Industrie	321	83
Forschung	129	48
Politik	22	11
ohne Zuordnung	21	1

Quelle: Fraunhofer ISI 2005; eigene Berechnungen

Tabelle A2

Vergleich der Branchenverteilung in der Grundgesamtheit und der Datenbasis 2003

Wirtschaftszweig (WZ 93)	Grundgesamtheit		Datenbasis	
	n	Anteil	n	Anteil
Chemische Industrie (WZ 24)	1 771	*6,7 %*	148	*10,2 %*
Hersteller von Gummi- u. Kunststoffwaren (WZ 25)	3 093	*11,7 %*	145	*10,0 %*
Hersteller von Metallerzeugnissen (WZ 28)	7 348	*27,7 %*	339	*23,4 %*
Maschinenbau (WZ 29)	6 991	*26,4 %*	409	*28,2 %*
Hersteller von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen (WZ 30)	199	*0,8 %*	13	*0,9 %*
Hersteller von Geräten der Elektrizitätserzeugung, -verteilung u. Ä. (WZ 31)	2 466	*9,3 %*	117	*8,1 %*
Rundfunk-, Fernseh- u. Nachrichtentechnik (WZ 32)	760	*2,9 %*	52	*3,6 %*
Medizin-, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, Optik (WZ 33)	2 234	*8,4 %*	152	*10,5 %*
Hersteller von Kraftwagen u. Kraftwagenteilen (WZ 34)	1 226	*4,6 %*	54	*3,7 %*
Sonstiger Fahrzeugbau (WZ 35)	424	*1,6 %*	21	*1,4 %*

Quelle: Statistisches Bundesamt 2003b; eigene Berechnungen

Tabelle A3

Vergleich der Betriebsgrößenverteilung in der Grundgesamtheit und der Datenbasis 2003

Betriebsgröße	Grundgesamtheit		Datenbasis	
	n	Anteil	n	Anteil
bis 49 Beschäftigte	13 582	*49,1 %*	519	*35,8 %*
50–99 Beschäftigte	6 289	*22,7 %*	301	*20,8 %*
100–199 Beschäftigte	3 780	*13,7 %*	247	*17,0 %*
200–299 Beschäftigte	1 439	*5,2 %*	103	*7,1 %*
300–499 Beschäftigte	1 210	*4,4 %*	120	*8,3 %*
500–999 Beschäftigte	817	*3,0 %*	78	*5,4 %*
1 000 und mehr Beschäftigte	537	*1,9 %*	82	*5,7 %*

Quelle: Statistisches Bundesamt 2003a; eigene Berechnungen

Tabelle A4

Multivariate Regression zur Integration von Produktionsarbeit und Qualitätssicherung

unabhängige Variable	B	Exp(B)	Signifikanz
(Konstante)	-0,809	0,445	0,007***
Gruppenarbeit (enge Definition) j/n	0,507	1,660	0,003***
Produktionsverlagerung j/n	0,181	1,198	0,284
Umsatzanteil produktbegleitender Dienstleistungen	-0,225	0,798	0,267
Aufgliederung von Zentralabteilungen j/n	-0,006	0,994	0,971
Aufgliederung der Produktion j/n	0,185	1,203	0,227
Betriebsgröße: 100 bis 499 Beschäftigte	0,443	1,557	0,008***
Betriebsgröße: 500 und mehr Beschäftigte	1,052	2,863	0,000***
Produktkomplexität: mehrteilig	0,413	1,512	0,027**
Produktkomplexität: einteilig	0,014	1,014	0,954
Seriengröße: Einzel- und Kleinserie	-0,380	0,684	0,075*
Seriengröße: Mittelserie	-0,049	0,953	0,813
Gummi- u. Kunststoffwaren (WZ 25)	0,045	1,046	0,867
Maschinenbau (WZ 29)	-0,142	0,868	0,503
Elektroindustrie (WZ 30, 31, 32)	-0,222	0,801	0,367
Medizin-, Mess-, Steuer-, Regelungstechnik (WZ 33)	-0,548	0,578	0,049**
Kraftwagen/Kraftwagenteile, Sonst. Fahrzeugbau (WZ 34, 35)	-0,226	0,798	0,497
Nagelkerkes R^2	0,105		
richtig klassifiziert	*67,7 %*		

abhängige Variable: Integration von Produktionsarbeit und Qualitätssicherung (Wurzel aus ~), n = 901
Signifikanzniveaus: *** = p < 0,01; ** = p < 0,05; * = p < 0,1

Tabelle A5

Multivariate Regression zur Integration von Produktionsarbeit und Instandhaltung

unabhängige Variable	B	Exp(B)	Signifikanz
(Konstante)	-1,630	0,196	0,000***
Gruppenarbeit (enge Definition) j/n	0,200	1,221	0,251
Produktionsverlagerung j/n	-0,023	0,978	0,895
Umsatzanteil produktbegleitender Dienstleistungen	0,483	1,621	0,016**
Aufgliederung von Zentralabteilungen j/n	0,069	1,071	0,657
Aufgliederung der Produktion j/n	0,138	1,149	0,366
Betriebsgröße: 100 bis 499 Beschäftigte	-0,129	0,879	0,437
Betriebsgröße: 500 und mehr Beschäftigte	-0,784	0,456	0,007***
Produktkomplexität: mehrteilig	-0,018	0,983	0,924
Produktkomplexität: einteilig	0,187	1,206	0,419
Seriengröße: Einzel- und Kleinserie	0,548	1,730	0,015**
Seriengröße: Mittelserie	0,135	1,144	0,549
Gummi- u. Kunststoffwaren (WZ 25)	-0,166	0,847	0,574
Maschinenbau (WZ 29)	0,575	1,777	0,006***
Elektroindustrie (WZ 30, 31, 32)	0,297	1,346	0,247
Medizin-, Mess-, Steuer-, Regelungstechnik (WZ 33)	0,649	1,913	0,011**
Kraftwagen/Kraftwagenteile, Sonst. Fahrzeugbau (WZ 34, 35)	0,033	1,033	0,930
Nagelkerkes R^2	0,087		
richtig klassifiziert	*67,6 %*		

abhängige Variable: Integration von Produktionsarbeit und Instandhaltung (Wurzel aus ~), n = 924
Signifikanzniveaus: *** = $p < 0{,}01$; ** = $p < 0{,}05$; * = $p < 0{,}1$

Tabelle A6

Multivariate Regression zur Integration von Produktionsarbeit und Maschinenrüsten

unabhängige Variable	**B**	**Exp(B)**	**Signifikanz**
(Konstante)	-0,787	0,455	0,008***
Gruppenarbeit (enge Definition) j/n	0,045	1,046	0,802
Produktionsverlagerung j/n	-0,009	0,991	0,959
Umsatzanteil produktbegleitender Dienstleistungen	0,153	1,165	0,456
Aufgliederung von Zentralabteilungen j/n	0,028	1,029	0,855
Aufgliederung der Produktion j/n	0,294	1,342	0,058*
Betriebsgröße: 100 bis 499 Beschäftigte	0,236	1,266	0,159
Betriebsgröße: 500 und mehr Beschäftigte	1,149	3,154	0,000***
Produktkomplexität: mehrteilig	0,687	1,988	0,000***
Produktkomplexität: einteilig	0,296	1,344	0,195
Seriengröße: Einzel- und Kleinserie	1,021	2,776	0,000***
Seriengröße: Mittelserie	0,366	1,442	0,073*
Gummi- u. Kunststoffwaren (WZ 25)	-0,479	0,619	0,070*
Maschinenbau (WZ 29)	0,611	1,842	0,005***
Elektroindustrie (WZ 30,31,32)	-0,062	0,940	0,800
Medizin-, Mess-, Steuer-, Regelungstechnik (WZ 33)	-0,091	0,913	0,719
Kraftwagen/Kraftwagenteile, Sonst. Fahrzeugbau (WZ 34, 35)	-0,006	0,994	0,987
Nagelkerkes R^2	0,137		
richtig klassifiziert	*67,3 %*		

abhängige Variable: Integration von Produktionsarbeit und Maschinenrüsten (Wurzel aus ~), n = 927
Signifikanzniveaus: *** = $p < 0,01$; ** = $p < 0,05$; * = $p < 0,1$

Tabelle A7

Multivariate Regression zum Anteil An- und Ungelernter

unabhängige Variable	**B**	**Beta**	**Signifikanz**
(Konstante)	4,297		0,000***
Gruppenarbeit (enge Definition) j/n	-0,325	-0,048	0,097*
Produktionsverlagerung j/n	0,349	0,056	0,066*
Umsatzanteil produktbegleitender Dienstleistungen	-0,287	-0,046	0,198
Aufgliederung von Zentralabteilungen j/n	-0,206	-0,036	0,231
Aufgliederung der Produktion j/n	0,027	0,005	0,875
Betriebsgröße: 100 bis 499 Beschäftigte	0,337	0,056	0,070*
Betriebsgröße: 500 und mehr Beschäftigte	0,372	0,041	0,210
Produktkomplexität: mehrteilig	0,766	0,130	0,000***
Produktkomplexität: einteilig	1,434	0,214	0,000***
Seriengröße: Einzel- und Kleinserie	-1,731	-0,305	0,000***
Seriengröße: Mittelserie	-0,449	-0,072	0,054*
Gummi- u. Kunststoffwaren (WZ 25)	0,658	0,071	0,032**
Maschinenbau (WZ 29)	-0,912	-0,149	0,000***
Elektroindustrie (WZ 30, 31, 32)	0,715	0,090	0,009***
Medizin-, Mess-, Steuer-, Regelungstechnik (WZ 33)	-0,410	-0,048	0,156
Kraftwagen/Kraftwagenteile, Sonst. Fahrzeugbau (WZ 34, 35)	-0,217	-0,017	0,584
Korr. R^2	0,301		
Modellsignifikanz	0,000		

abhängige Variable: Anteil An- und Ungelernter (Wurzel aus ~), n = 880
Signifikanzniveaus: *** = $p < 0{,}01$; ** = $p < 0{,}05$; * = $p < 0{,}1$

Tabelle A8

Multivariate Regression zum Anteil Hochschulabsolventen

unabhängige Variable	**B**	**Beta**	**Signifikanz**
(Konstante)	2,818		0,000***
Gruppenarbeit (enge Definition) j/n	0,052	0,011	0,710
Produktionsverlagerung j/n	0,077	0,018	0,566
Umsatzanteil produktbegleitender Dienstleistungen	0,203	0,048	0,200
Aufgliederung von Zentralabteilungen j/n	0,268	0,069	0,029**
Aufgliederung der Produktion j/n	-0,134	-0,035	0,270
Betriebsgröße: 100 bis 499 Beschäftigte	-0,004	-0,001	0,974
Betriebsgröße: 500 und mehr Beschäftigte	0,310	0,050	0,143
Produktkomplexität: mehrteilig	-0,572	-0,142	0,000***
Produktkomplexität: einteilig	-0,832	-0,182	0,000***
Seriengröße: Einzel- und Kleinserie	0,121	0,031	0,481
Seriengröße: Mittelserie	-0,006	-0,001	0,970
Gummi- u. Kunststoffwaren (WZ 25)	0,053	0,008	0,808
Maschinenbau (WZ 29)	0,815	0,196	0,000***
Elektroindustrie (WZ 30, 31, 32)	1,166	0,215	0,000***
Medizin-, Mess-, Steuer-, Regelungstechnik (WZ 33)	2,245	0,386	0,000***
Kraftwagen/Kraftwagenteile, Sonst. Fahrzeugbau (WZ 34, 35)	0,473	0,056	0,094*
Korr. R^2	0,24		
Modellsignifikanz	0,000		

abhängige Variable: Anteil Hochschul-/Fachhochschulabsolventen (Wurzel aus ~), n = 880
Signifikanzniveaus: *** = $p < 0,01$; ** = $p < 0,05$; * = $p < 0,1$

Tabelle A9

Multivariate Regression zum Anteil Mitarbeiter in FuE/Konstruktion

unabhängige Variable	**B**	**Beta**	**Signifikanz**
(Konstante)	2,401		0,000***
Gruppenarbeit (enge Definition) j/n	0,026	0,006	0,820
Produktionsverlagerung j/n	0,010	0,003	0,924
Umsatzanteil produktbegleitender Dienstleistungen	0,335	0,092	0,009***
Aufgliederung von Zentralabteilungen j/n	0,300	0,090	0,003***
Aufgliederung der Produktion j/n	-0,114	-0,034	0,248
Betriebsgröße: 100 bis 499 Beschäftigte	0,077	0,022	0,475
Betriebsgröße: 500 und mehr Beschäftigte	0,230	0,043	0,181
Produktkomplexität: mehrteilig	-0,825	-0,237	0,000***
Produktkomplexität: einteilig	-1,136	-0,286	0,000***
Seriengröße: Einzel- und Kleinserie	0,273	0,082	0,051*
Seriengröße: Mittelserie	0,015	0,004	0,910
Gummi- u. Kunststoffwaren (WZ 25)	-0,034	-0,006	0,851
Maschinenbau (WZ 29)	0,716	0,200	0,000***
Elektroindustrie (WZ 30, 31, 32)	0,829	0,176	0,000***
Medizin-, Mess-, Steuer-, Regelungstechnik (WZ 33)	1,504	0,299	0,000***
Kraftwagen/Kraftwagenteile, Sonst. Fahrzeugbau (WZ 34, 35)	0,090	0,013	0,686
Korr. R^2	0,32		
Modellsignifikanz	0,000		

abhängige Variable: Anteil Mitarbeiter in FuE/Konstruktion (Wurzel aus ~), n = 887
Signifikanzniveaus: *** = p < 0,01; ** = p < 0,05; * = p < 0,1



Gesamtherstellung: H. Heenemann GmbH & Co., Buch- und Offsetdruckerei, Bessemerstraße 83–91, 12103 Berlin
Vertrieb: Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Amsterdamer Str. 192, 50735 Köln, Telefon (02 21) 97 66 83 40, Telefax (02 21) 97 66 83 44
ISSN 0722-8333